

Metropolia-ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Mikko Mononen

**Yleisradion langattoman ohjelmansiirron (LOS)
korvaaminen nykyaikaisella siirtotiellä**

Insinööritö 1.6.2010

Ohjaaja: projektivastaava Kari Mäenpää
Ohjaava opettaja: yliopettaja Matti Fischer

| | |
|--|--|
| Tekijä Otsikko | Mikko Mononen Yleisradion langattoman ohjelmansiirron korvaaminen nykyaikaisella siirtotieellä |
| Sivumäärä Aika | 64 1.6.2010 |
| Koulutusohjelma | automaatiotekniikan koulutusohjelma |
| Tutkinto | insinööri (AMK) |
| Ohjaaja Ohjaava opettaja | projektivastaava Kari Mäenpää yliopettaja Matti Fischer |
| <p>Tässä insinööriyössä selvitettiin korvaavia verkkoja Yleisradion analogiselle LOS-verkolle, jota käytetään ulkotuotannossa ohjelmansiirtoon. Lisäksi tarkoitus oli rakentaa toimittajalle sopiva kannettava päätelaite verkkoon, joka voitaisiin myös sijoittaa nykyisten LOS-verkon päätelaitteiden tilalle.</p> <p>Sopivin verkko uudeksi siirtotieksi on @450-laajakaista, jolla saadaan luotettava ja riittävän nopea yhteys laadukkaaseen ohjelmansiirtoon. Verkko myös kattaa koko Suomen, kuten LOS-verkkokin. Verkkojen vertailussa mukana oli myös WiMAX, Mobiilidata sekä verkon jakamiseen käytettävä WLAN. Mobiilidata valittiin varayhteydeksi. Verkkoja kokeiltiin käytännössä testausta varten rakennetulla ulkotuotantoautolla, jossa oli mainittujen yhteyksien lisäksi studiolaitteet äänen editointiin ja taltiointiin. Autossa oli virtalähteenä akun lisäksi metanolipolttokenno.</p> <p>@450-verkkoon tarjolla olevista modeemeista valittiin sopivin, mutta tämä modeemi oli mekaanisesti heikko ja epäluotettava. Modeemi koteloiitiin paremmin ja sen ominaisuuksiin lisättiin mahdollisuus toimia ilman verkkovirtaa akun avulla toimittajan käyttöä ajatellen.</p> <p>Modeemista rakennettiin kaksi toimittajalle soveltuvaa versiota, joista paremmin sopivasta kehitettiin lopullinen versio. Tämän version akkua varten rakennettiin virranhallinta, joka osaa ladata akkua tarvittaessa, kun verkkovirtaa on saatavilla, tai luovuttaa virtaa akulta modeemille verkkovirran puuttuessa.</p> <p>Modeemin lopullinen versio toimi vaatimusten mukaisesti. Toiminta-aika oli riittävän pitkä käytettäessä akkua ja modeemi oli mekaanisesti vahva sekä yksinkertainen käyttää. Laite sopii toimittajalle pienen kokonsa ja keveytensä vuoksi. Modeemi voidaan myös asentaa kiinteästi ulkotuotantoautoon LOS-verkon päätelaitteiden tilalle, jolloin autosta vapautuu samalla tilaa.</p> | |
| Hakusanat | @450-laajakaista, WiMAX, Mobiilidata, LOS |

| | |
|---|--|
| Author Title | Mikko Mononen Replacing YLE's wireless broadcast transfer with a modern transmission path |
| Number of Pages Date | 64 1 June 2010 |
| Degree Programme | Automation Technology |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Instructor Supervisor | Kari Mäenpää, Project Manager Matti Fischer, Principal Lecturer |
| <p>This final year projects studied the possible replacements for YLE's analogic LOS-network, which is used to transmit broadcast in outside broadcasting. The aim was also to build a suitable data terminal equipment (DTE) for reporters to use in the network, this equipment could also replace the current LOS-network DTE.</p> <p>The most suitable network as a new transmission path is a @450-wireless broadband, which gives a reliable and sufficiently fast connection for a quality broadcast transfer. Like the LOS-network, it covers the entire Finland. The other networks considered were WiMAX, GSM data and a WLAN used for network sharing. GSM data was chosen as a backup connection. Networks were tested in practice with an outside broadcasting van built for the purpose. In the van there was, in addition to the aforementioned network connections, studio equipment for voice editing and capturing. As a power source the van had a direct methanol fuel cell in addition to a battery.</p> <p>The most suitable modem was chosen from the given selection for the @450-network, yet the modem was mechanically weak and unreliable. To better accommodate reporters, the modem was encased better and its features were enhanced by adding an option to operate without an AC power supply.</p> <p>Two versions of the modem suitable for reporters were built, and the best one was developed into a final version. For the battery of this version a power management system was constructed that is able to recharge the battery when necessary if there is an AC power supply available and to supply the modem with power from the battery when there is no AC power supply available.</p> <p>The final version of the modem met the requirements. The operating time was long enough with the battery, and the modem was mechanically strong and simple to use. The device is suitable for the reporters due the small size and light weight. The modem could also be built-in in the outside broadcasting van, replacing the LOS- network DTE and releasing space at the same time.</p> | |
| Keywords | @450-wireless broadband, WiMAX, GSM data, LOS |

Sisällysluettelo

| | |
|--|----|
| Sisällysluettelo..... | 4 |
| Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät..... | 6 |
| 1. Johdanto..... | 8 |
| 2. Ulkotuotanto..... | 9 |
| 2.1 Yleistä..... | 9 |
| 2.2 Ulkotuotantoauto..... | 9 |
| 2.3 Ulkotuotantoauton reppulähetin..... | 10 |
| 2.4 LOS-järjestelmä..... | 11 |
| 2.4.1 Yleistä..... | 11 |
| 2.4.2 Historia..... | 12 |
| 2.4.3 LOS-järjestelmän lakkauttaminen..... | 13 |
| 3. Korvaava tiedonsiirtotapa..... | 14 |
| 3.1 Netti Ohjelmansiirto eli NOS..... | 14 |
| 3.2 Digitaalisen siirtotien edut..... | 14 |
| 3.3 Verkon vaatimukset..... | 14 |
| 3.4 Sopivien verkkojen selvittäminen..... | 15 |
| 4. Ohjelmansiirtoon sopivat verkot..... | 16 |
| 4.1 WiMAX..... | 16 |
| 4.1.1 Yleistä..... | 16 |
| 4.1.2 Tekniset ominaisuudet..... | 16 |
| 4.1.3 Käyttökohde ohjelmansiirrosta..... | 17 |
| 4.2 @450-laajakaista..... | 19 |
| 4.2.1 Yleistä..... | 19 |
| 4.2.2 Tekniset ominaisuudet..... | 19 |

| | |
|---|----|
| 4.2.3 Käyttökohde ohjelmansiirrossa | 20 |
| 4.2.4 Ulkotuotannon antennityypit @450-verkossa | 20 |
| 4.3 Mobiilidata (HSPA, 3G, EDGE, GPRS ja GSM) | 23 |
| 4.3.1 Yleistä..... | 23 |
| 4.3.2 Tekniset ominaisuudet..... | 24 |
| 4.3.3 Käyttökohde ohjelmansiirrossa | 25 |
| 4.4 WLAN | 27 |
| 4.4.1 Yleistä..... | 27 |
| 4.4.2 Tekniset ominaisuudet..... | 27 |
| 4.4.3 Käyttökohde ohjelmansiirrossa | 29 |
| 5. Ohjelmansiirtoon sopivien verkkojen vertailu | 29 |
| 6. Toimittajalle sopiva modeemi | 32 |
| 6.1 Langaton modeemi | 32 |
| 6.2 Langaton modeemi repussa | 32 |
| 6.3 Vahvistettu langaton modeemi | 34 |
| 6.3.1 Vaatimukset..... | 34 |
| 6.3.2 Suunnittelu, osien hankinta ja kasaaminen..... | 34 |
| 6.3.3 Testaus..... | 36 |
| 6.4 Paranneltu versio vahvistetusta langattomasta modeemista..... | 37 |
| 6.4.1 Vaatimukset..... | 37 |
| 6.4.2 Suunnittelu, osien hankinta ja kasaaminen..... | 37 |
| 6.4.3 Testaus..... | 43 |
| 7. Yhteenveto..... | 43 |
| Lähteet | 44 |
| Liite 1: @450-laajakaistan peittoalue 5.3.2010..... | 45 |
| Liite 2: MAX712-piirin datalehti | 46 |
| Liite 3: Kotelon piirustus..... | 64 |

Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät

LOS

Langaton Ohjelmansiirto. Yleisradion ohjelmansiirtoon käytetty analoginen järjestelmä, joka toimii 330 MHz ja 350 Mhz taajuudella.

NOS

Netti Ohjelmansiirto. LOS-järjestelmän korvaava digitaalinen siirtotie. Ohjelma kulkee langallisissa ja langattomissa dataverkoissa.

UHF

Ultra High Frequency. Nimitystä käytetään yleisnimityksenä yli 300 MHz:n, mutta alle 3 GHz:n radiotaajuuksista.

VHF

Very High Frequency. Nimitystä käytetään yleisnimityksenä yli 30 MHz:n, mutta alle 300 MHz:n radiotaajuuksista.

ULA

Ultralyhyet aallot. Lyhennettä käytetään Suomessa radioaaltojen taajuusalueesta, jolla lähetetään yleisradio-ohjelmaa FM-taajuuksilla 87,5 MHz - 108,0 MHz.

Flash-OFDM

Fast Low-Latency Access with Seamless Handoff Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Langattomaan tiedonsiirtoon suunniteltu, Flarionin (nykyisin Qualcomm) kehittämä järjestelmä.

WLAN

Yleisnimitys langattomasta lähiverkosta, jolla erilaiset verkkolaitteet voidaan yhdistää ilman kaapeleita. Tässä tekstissä WLAN tarkoittaa IEEE802.11-standardia.

Laajakaista

Viestintäministeriön mukaan termiä laajakaista käytetään puhuttaessa Internet-yhteyksistä, joiden kaistanleveys on suurempi kuin 256 kbps. Langaton laajakaista tarkoittaa verkkoa, jossa yhteys muodostetaan radioteitse.

TDF

TéléDiffusion de France on ranskalainen yritys, joka tuottaa radio- ja televisiolähetyspalveluita, puhelinoperaattoripalveluita sekä muita multimediapalveluita.

19” laitekaappi ja U

19 tuuman laitekaappi on standardisoitu (EIA 310-D, IEC 60297 ja DIN 41494 SC48D) laiteteline tai -kaappi, joka on nimensä mukaisesti 19 tuumaa leveä. Laitekaappiin kiinnitettävien laitteiden korkeutta mitataan käyttämällä U-yksikköä (engl. unit). Yhden laitekaappiyksikön korkeus on 44,45 mm (1,75 tuumaa).

MIMO

Multiple-Input, Multiple-Output. Tekniikka, jossa siirretään tukiaseman ja sovitin välillä dataa kahden tai useamman radiotien välityksellä.

Codec

Tässä yhteydessä laite, jolla voidaan muuntaa audiosignaali siirrettäväksi Internet-protokollaa noudattavassa verkossa.

Aikaväli

Gsm-verkossa yksi radiotaajuus on jaettu ajallisesti kahdeksaan osaan eli aikaväliin. Yhdellä taajuudella voi perustapauksessa olla enintään kahdeksan käyttäjää. Aikavälejä käytetään puheen ja datan välitykseen sekä merkinantoon.

ITU

Kansainvälinen televiestintäliitto ITU on YK:n alainen televiestintäasioita hoitava erityisjärjestö. ITU:ssa on jäseniä noin 200 maasta. ITU:n toiminta jakaantuu kolmeen sektoriin: telestandardointisektoriin (ITU-T), radiosektoriin (ITU-R) ja televiestinnän kehityssektoriin (ITU-D).

MAC-osoite

Media Access Control Address eli MAC on jokaiselle verkkolaitteelle annettava osoite, jolla laite yksilöidään. MAC-osoite annetaan laitteelle valmistusvaiheessa, mutta osoite voidaan muuttaa jälkepäin.

1. Johdanto

Yleisradiolla on ulkotuotannossa lähetinautoja, joilla tuotetaan ohjelmaa radioon. Nämä autot ajetaan ohjelmapaikalle ja ohjelma lähetetään analogisen LOS-lähettimen kautta eteenpäin. Nykyään on alettu suunnitella siirtymistä digitaaliseen siirtotiehen analogisen sijasta kehittyneen tekniikan ja yhteyksien riittävän nopeuden vuoksi. LOS-järjestelmä on myös teknisesti vanhentunut ja varaosien saatavuus on huono. Tarve korvaavalle yhteydelle syntyi, kun Digita päätti LOS-verkon lopettamisesta.

Ohjelmansiirron tulee kuitenkin edelleen tapahtua laatua heikentämättä ja luotettavasti. Tässä insinööriyössä tavoitteena on kartoittaa mahdollisia korvaavia digitaalisia yhteyksiä. Yhteyksien ominaisuuksien vertailun lisäksi tavoitteena on kehittää toimittajalle sopiva modeemi yhteyden käyttämiseen. Modeemin tulee olla edullinen, monistettava, kestävä ja helposti mukana kuljetettava. Käyttäjännite tulee saada ulkoisen virtalähteen lisäksi laitteen sisäisestä virtalähteestä varavirran ja kannettavuuden vuoksi. Parhaillaan tällainen laite voisi korvata useita laitteita toimittajan työssä tai tehdä tarpeettomaksi ohjelmatuotantoon rakennetun ulkotuotantoauton.

Yhteyksien testaamiseen on kehitteillä ensimmäinen prototyyppi autosta, johon on sisällytetty laitteet ohjelman tekoon, tallentamiseen ja lähettämiseen. Sisältöä pyritään pitämään pääosin digitaalisena siinä määrin, kuin se on järkevää. Ohjelman lähetykseen käytetään yleisesti saatavilla olevia verkkoja, kuten WiMAX, @450-laajakaista ja mobiilidata.

Insinööriyön toimeksiantajana oli Yleisradio Oy, joka on 1926 perustettu julkisen palvelun yleisradioyhtiö. Ylen omistaa Suomen valtio ja ohjelmistot rahoitetaan tv:n käytöstä perittävillä jäsenmaksuilla. Ylin päättävä elin on eduskunnan hallintoneuvosto, toimitusjohtaja on Lauri Kivinen 1.5.2010 alkaen. Ylen liikevaihto vuonna 2009 oli 394,3 miljoonaa euroa.

2. Ulkotuotanto

2.1 Yleistä

Ulkotuotanto on studioiden ulkopuolella tapahtuvaa ohjelmantuotantotoimintaa. Ideana on mennä tallennettavan ohjelman luokse, jotta ohjelmaa ei tarvitse tuoda studioon. Esimerkiksi suuret yleisötapahtumat voidaan tallentaa, editoida tai lähettää reaaliajassa paikan päällä. Ohjelman siirtoon ohjelmapaikalta käytetään LOS-järjestelmää.

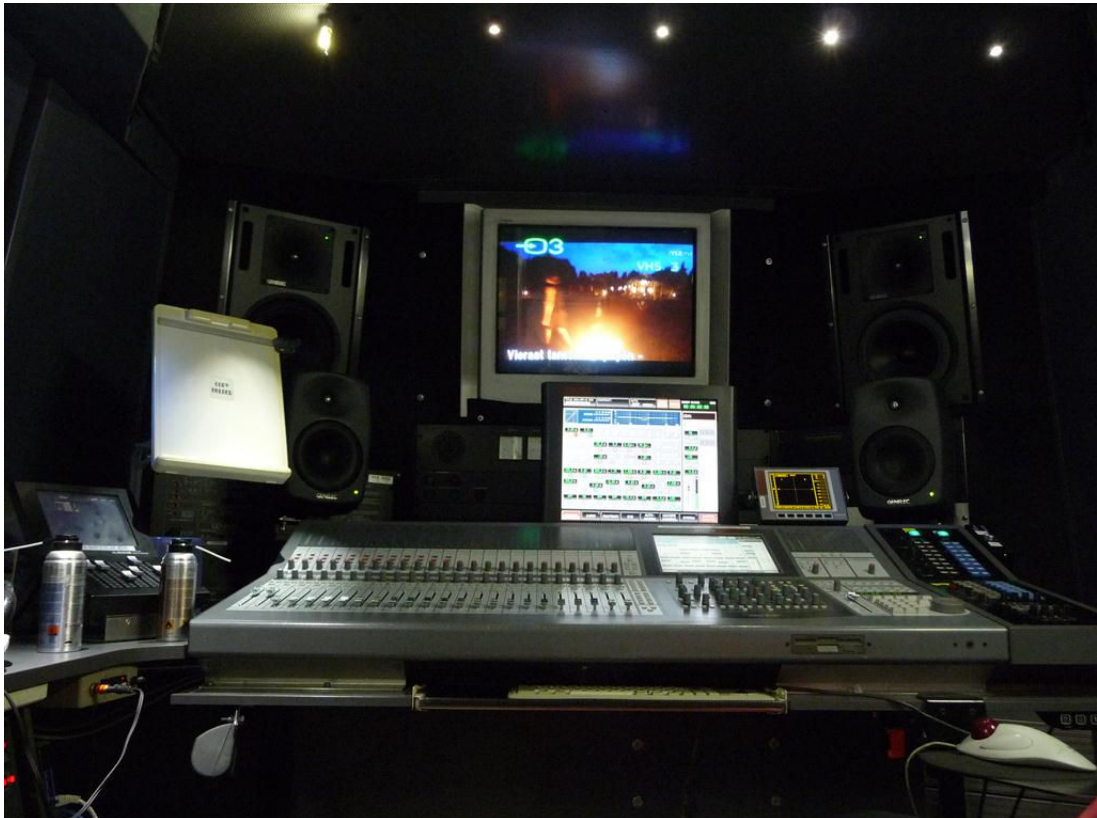
2.2 Ulkotuotantoauto

Ulkotuotannossa käytetään kuvan 1 mukaisia erikoisvarusteltuja autoja, joissa on laitteistot äänen tallennukseen, editointiin ja lähetykseen. Autot ajetaan yleensä ohjelman tuotantopaikalle, ohjelma kerätään talteen langallisilla tai langattomilla mikrofoneilla tai ohjelmapaikan miksauspöydästä.



Kuva 1. Yleisradion kevyitä ääniautoja: UT-6, UT-9 ja uutisauto UT-12.

Autossa ääni editoidaan lähetykselpoiseksi ja tallennetaan. Kuvassa 2 näkyy tyypillinen ääniauton studio. Tuotettu materiaali toimitetaan eteenpäin joko digitaalisilla tallennusmedioilla, kiinteässä dataverkossa tai lähettämällä langattomasti. Modeemin on tarkoitus korvata langaton siirtotie.



Kuva 2. Raskaan ääniauton UT-3 studio.

2.3 Ulkotuotantoauton reppulähetin

Osassa ulkotuotannon autoista on toimittajaa varten reppulähetin, jolla siirretään mikrofonilla tuotettu audiosignaali autoon sen lähietäisyyksillä tapahtuvissa tallennuksissa. Muun muassa uutisauto UT-12:ssa on reppulähetin haastatteluja varten. Auto ajetaan haastattelupaikan läheisyyteen ja toimittaja tekee haastattelun mikrofonilla ja reppulähettimellä. Tallenne käsitellään ja tallennetaan ulkotuotantoautossa tai välitetään suoraan LOS-järjestelmän kautta studioon. Kannettavan modeemin avulla tämä ketju voidaan korvata lähettämällä modeemilla ohjelma suoraan palvelimelle.

2.4 LOS-järjestelmä

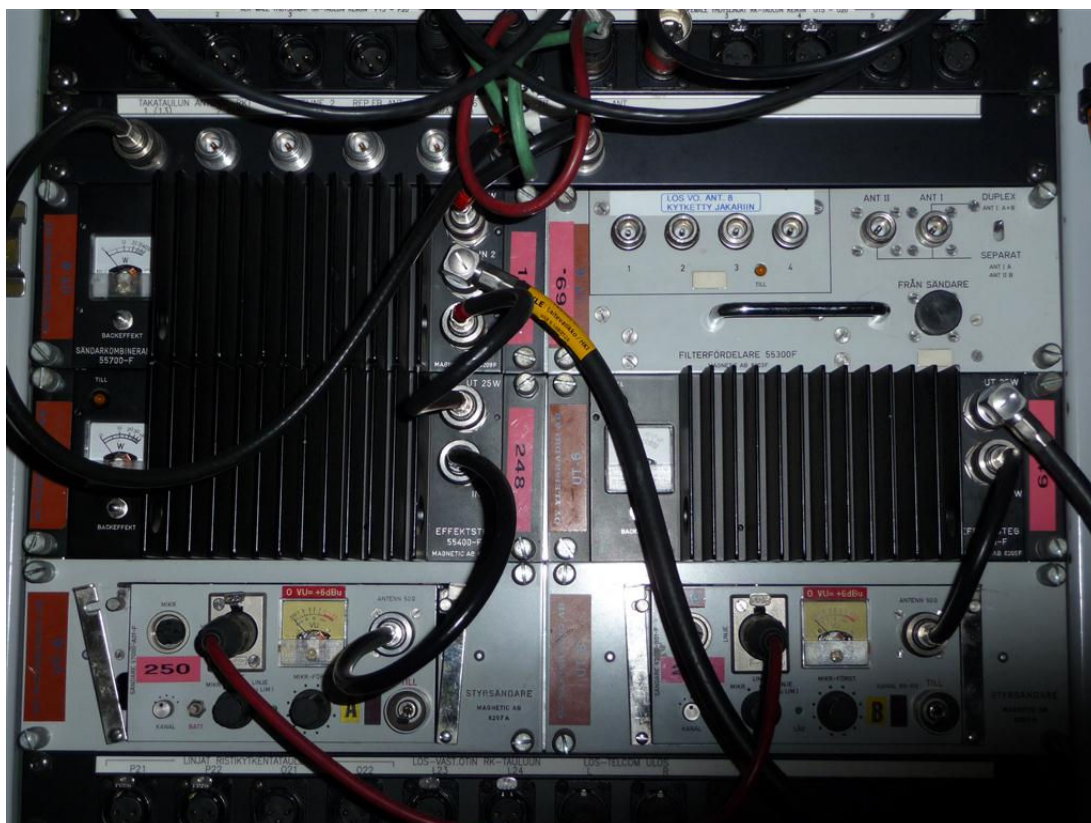
2.4.1 Yleistä

LOS-järjestelmä koostuu kuvan 3 kokoonpanosta. 2 W tehoisesta esiasteesta, jolla audiosignaali syötetään 25 W tehoiselle pääteasteelle, ja pääteasteelta signaali syötetään antennille. Yleensä ohjelmaa tehdään stereona, jolloin esiasteita ja pääteasteita on kaksi. Pääteasteilta lähtevät signaalit yhdistetään summaimella stereosignaaliksi ja syötetään antennille. Summaimen avulla vältetään kahden antennin käyttö stereolähetyksissä. (1)

Lähetetty signaali vastaanotetaan LOS-järjestelmän lähimmällä tukiasemalla ja siirretään kytkentäkeskuksen kautta studioon langallisesti tai langattomasti. (1)

LOS-järjestelmä toimii 330 MHz ja 350 MHz taajuuksilla. Nykyiset taajuudet ovat häiriöttömämpiä, yleisöltä suojettuja. Lähetinjärjestelmät ovat huomattavasti pienempiä sekä vaativat vähemmän antennijärjestelmältä. Stereolähetinpari oli mitoitettu viemään 19” leveästä laitekaappipaikasta kaksi U:ta. Kehityksen ja taajuuden vaihdon ansiosta stereolähetykset muodostuivat normaalikäytännöksi. (1)

Nykyinen standardoitu järjestelmä on kehitetty ruotsalaisen Magnetic AB:n kanssa yhteistyössä, ja se on käytössä pohjoismaissa. (2)



Kuva 3. LOS-järjestelmä 19” laitekaapissa, alinna ohjaimet, kolme pääteastetta ja ylinnä oikealla summain.

2.4.2 Historia

Alun perin LOS oli käytössä taajuusalueella 100 MHz – 108 MHz. Taajuusalue oli ongelmallinen, koska se on avoin kaikille ja normaaliradiolla kuunneltavissa.

Lähetinjärjestelmät olivat suurikokoisia ja kalliita. Myös antennijärjestelmä oli kookas tällä taajuudella. (1)

Stereolähetyskseen vaadittavat laitteistot olivat hyvin kehittymättömiä joten kokeiluja lukuun ottamatta tehtiin monolähetyskiä (1).

Toimittajalle suunniteltu kannettava lähetin näkyy kuvissa 4 ja 5. Teholtaan 2 W lähetin painoi 3 kg ja toimi 300 MHz taajuudella. Lähettimen kantama oli antennista riippuen 2-4 km. Kokonaisuus antenneineen oli kuitenkin kohtuullisen hankala kantaa, etenkin ahtaissa paikoissa tai suuren yleisön joukossa. (2)



Kuvat 4 ja 5. Reportterin lähetin 1970-luvulta.

2.4.3 LOS-järjestelmän lakkauttaminen

Koska nykyään LOS-järjestelmälle on korvaavia verkkoja ja pelkästään Ylen ohjelmansiirtoon ei kannata ylläpitää maan kattavaa verkkoa, Digita on päättänyt lakkauttaa LOS-järjestelmän. (3)

Korvaavaan järjestelmään siirtyminen on järkevää, koska LOS-järjestelmä on teknisesti vanhentunut. Myös varaosien saatavuus on hyvin heikkoa, pääosin on kunnostettu vanhoja laitteita. (1)

3. Korvaava tiedonsiirtotapa

3.1 *Netti Ohjelmansiirto eli NOS*

Korvaavana siirtotienä on päätetty käyttää langattomia dataverkkoja, joita on nykyään saatavilla useilla eri tekniikoilla koko Suomen laajuisesti. Moni verkkotekniikka lupaa nopeita yhteyksiä, pientä viivettä ja lähes koko Suomen kattavaa peittoa. Uutta siirtotapasuunnitelmaa on kutsuttu langattoman ohjelmansiirron pohjalta Netti Ohjelmansiirroksi eli lyhennettynä NOS. (3)

3.2 *Digitaalisen siirtotien edut*

Digitaalisen siirtotien laitteet ovat huomattavasti LOS-järjestelmän laitteita pienikokoisempia ja kevyempiä. Datansiirto tuo myös lisämahdollisuuksia ohjelman tuotantoon, äänen lisäksi voidaan helposti lähettää kuvaa tai muuta informaatiota. LOS-järjestelmällä voitiin siirtää vain analogista äänisignaalia. (2)

Merkittävin etu on, että ulkotuotantoautoa ei välttämättä tarvita ohjelmapaikalla. Esimerkiksi haastattelun toimittaja voi tehdä kytkemällä mikrofoniin ”codecin” avulla kannettavaan modeemiin, jolla ohjelma siirretään dataverkon kautta suoraan studioon.

Lisäksi sijainnista riippuen on mahdollista käyttää useampaa verkkoa. Toinen verkko voi toimia varayhteytenä, tai verkot voidaan erillisellä laitteella summata yhdeksi, nopeammaksi siirtotieksi. LOS-järjestelmässä ei ollut vastaavaa varayhteyttä, jos verkkoon tuli vika.

3.3 *Verkon vaatimukset*

Verkon vaatimuksena on riittävä siirtonopeus laadukkaan audiosignaalin siirtämiseen sekä verkon pieni viive. Pieni viive mahdollistaa sujuvat ja luonnolliselta kuulostavat keskustelut.

Verkon tulee peittoalueeltaan olla maanlaajuinen, kun käytetään ulkoista antennia. Erittäin tärkeää on verkon luotettavuus ja riittävä siirtonopeus, ja näiden vaatimusten tulee täyttyä kaikissa tilanteissa.

3.4 Sopivien verkkojen selvittäminen

Teoriassa käyttöön sopivia verkkoja ovat WiMAX ja @450, jotka ovat langattomia laajakaistoja. Myös GSM-verkon mobiilidata sopii käyttöön tietyin varauksin. Wlanin avulla voidaan laajentaa verkko auton ympäristöön useammalle toimittajalle. Sopivien verkkojen maankattavaan testaamiseen rakennettiin alla olevassa kuvassa 6 näkyvä NOS-pilottiauto, jonka pohjana on Volkswagen Caddy. Autoon asennettiin pienimuotoinen studiolaitteisto, kiinteä teleskooppiantennimasto ja modeemit. Virtalähteenä autossa on auton oma akku, toinen pelkästään tuotantotekniikalle tarkoitettu akku sekä metanolipolttockenno.



Kuva 6. Nos-pilottiauto.

4. Ohjelmansiirtoon sopivat verkot

4.1 WiMAX

4.1.1 Yleistä

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) on langaton laajakaistastandardi, jota kehitetään monessa maassa. WiMAX perustuu avoimeen 802.16-standardiin. WiMAX-tavaramerkin omistaa WiMAX Forum, joka valvoo standardin noudattamista tekniikkaan liittyvissä laitteissa. WiMAX Forumiin kuuluu satoja yritystä ympäri maailmaa. Esimerkiksi johtokunnassa ovat Alcatel-Lucent, AT&T, British Telecom, Fujitsu, Intel, Motorola, Nokia ja Samsung. Suomalaisista yrityksistä mukana ovat myös Elektrobit, NetHawk, TeliaSonera ja TietoEnator. Nokia vetäytyi WiMAX:sta toistamiseen vuonna 2009. (4)

Suomessa Wimax-laajakaistaa tarjoaa kuusi yritystä, jotka myyvät omaan verkkoonsa liittymiä. Verkon omistava yritys siis rakentaa ja ylläpitää verkkoa sekä toimii verkon operaattorina. WiMAX-standardin tarkoituksena on tarjota langaton verkkoyhteys, jolla voi korvata langallisen verkkoyhteyden. (4)

4.1.2 Tekniset ominaisuudet

WiMAX-standardiin perustuva tekniikka toimii nykyään pääsääntöisesti kolmella eri taajuudella, Yhdysvalloissa käytetään 5,8 GHz ja 2,5 GHz taajuuksia ja esimerkiksi Euroopassa 3,5 GHz taajuutta. 802.16-standardi sisälsi alunperin taajuusalueet 10-66 GHz. 802.16a-standardin mukana tuli taajuusalue 2-11 GHz. Matalammat taajuudet paransivat kuuluvuutta alueilla, joilla ei ole suoraa näköyhteyttä lähettimeen. 802.16e toimii taajuusalueella 2-6 GHz. 802.16-standardi käyttää dynaamista modulaatiota, jossa käytetään 16 QAM-, 64 QAM- tai QPSK-modulaatiota. Modulaatiota voidaan vaihtaa tarpeen vaatiessa parhaan kantaman saavuttamiseksi. Yleensä yksi tukiasema voi tarjota noin 75 Mbps nopeuden, joka jaetaan solun käyttäjien kesken. Tämä

kuitenkin voi vaihdella, esimerkiksi palveluntarjoaja SuomiCom ilmoittaa tukiasemasektorin maksimisiirtokyvyksi 24/24 Mbps (verkkoon / verkosta). (4) (5)

Liittymiä on saatavilla 1-12 Mbps latausnopeudella ja 1-12 Mbps lähetysnopeudella. Verkon viiveeksi luvataan 30 - 40 ms. (5)

4.1.3 Käyttökohde ohjelmansiirrossa

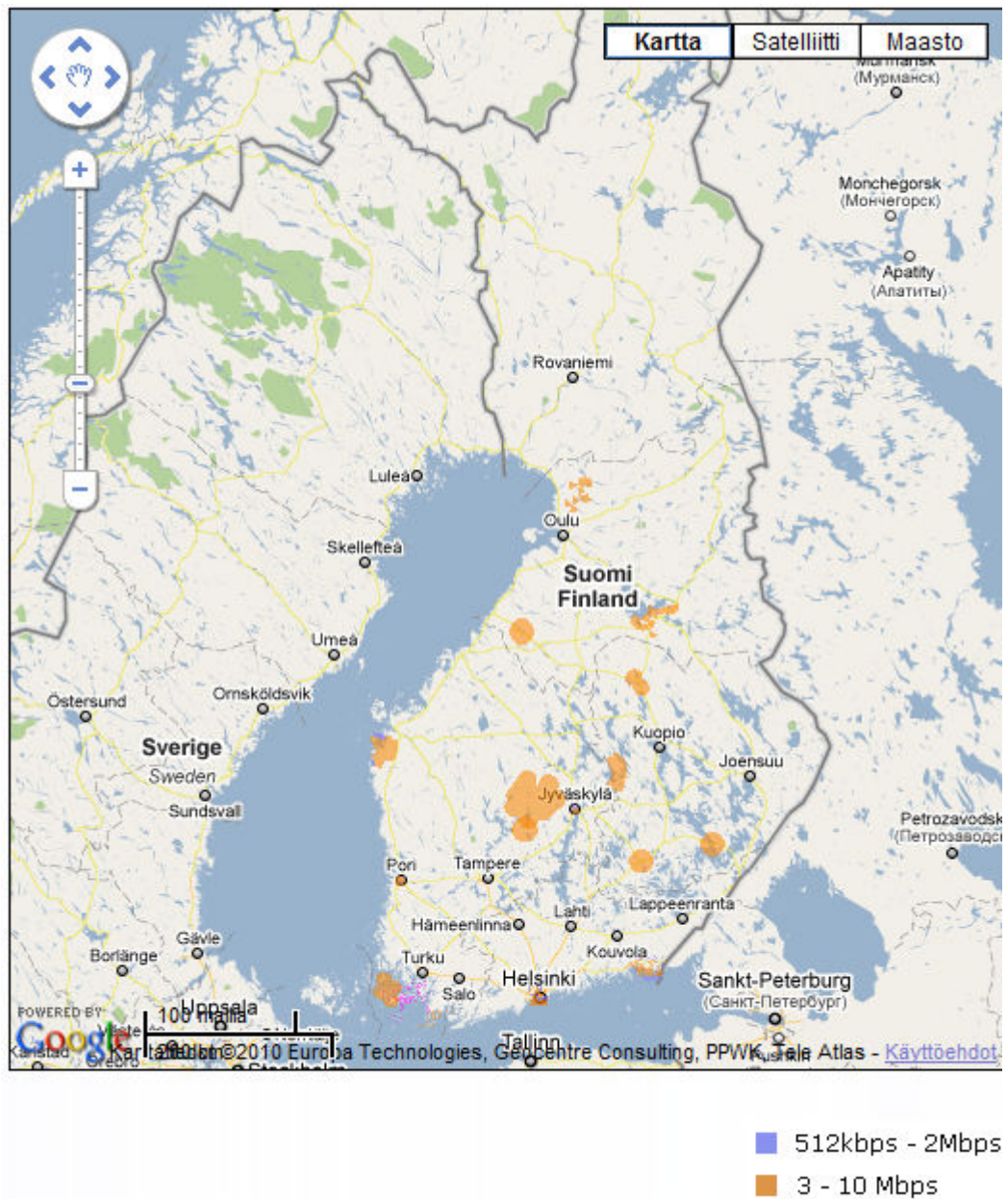
Vaikka WiMAX-verkkoja on Suomessa useita, kukin palveluntarjoaja myy liittymää omaan verkkoonsa. Useista palveluntarjoajista johtuen verkko on rajattu yleensä yhdelle alueelle. Laajemman peiton saisi maksamalla jokaiselle palveluntarjoajalle kuukausimaksua, mutta se ei olisi taloudellisesti järkevää. Vierailu toisen palveluntarjoajan verkossa onnistuu maksamalla verkon käytöstä ja syöttämällä päätelaitteen MAC-osoite operaattorin järjestelmään, jos päätelaite on tuettu palveluntarjoajan puolesta. (6)

NOS-käytössä on ollut SuomiComin tarjoama 1/1 Mbps langaton laajakaista. Lähetystekniikan kannalta symmetrinen lähetys- ja vastaanottonopeus on ollut eduksi, koska vastaanottoa voidaan hyödyntää mm. lähetetyn ohjelman laadunvalvontaan. Lähetysnopeus hyödynnetään tuotetun ohjelman siirtoon. SuomiComilla on kaksi tukiasemaa 3,5 GHz taajuudella: Yleisradion TV-tornissa Pasilassa ja Eduskuntatalolla. Nämä asemat kattavat pääkaupunkiseudun alueen. (5)

Verkon etu on luotettava ja nopea yhteys. Haittapuolena on lähettimen ja vastaanottimen antennin väliin vaadittu lähes esteetön yhteys suuren taajuuden vuoksi. Yhteyteen ja kantamaan vaikuttavat radioaaltoja vaimentavat tekijät, kuten vesi- tai lumisade tai fyysiset esteet. Rakennusten sisällä yhteyden muodostaminen on lähes mahdotonta toimittajalle sopivalla kalustolla.

Optimaalisissa olosuhteissa WiMAX-verkon kantama voi olla 50 kilometriä, mutta käytännössä yli kolmenkymmenen kilometrin yhteyden muodostaminen on hankalaa. Yli 20 kilometrin pituiset yhteydet vaativat suoran näköyhteyden tukiasemaan. (4)

Alla olevasta peittokartasta (kuva 7) näkee, että WiMAX-verkkoja on hyvin harvaan Suomessa eikä niiden laajuus riitä tällä hetkellä tuotantokäyttöön, vaikka yhteys onkin nopea.



Kuva 7. WiMAX-verkkojen kuuluvuus toukokuussa 2010 (4)

4.2 @450-laajakaista

4.2.1 Yleistä

@450-laajakaista toimii Digitan hallitsemassa verkossa. Digita on Suomen suurin radio- ja televisiopalvelujen jakeluyhtiö sekä tietoliikenneverkkojen ja verkkoinfrastruktuurin kehittäjä. Yleisradion lisäksi Digitan asiakkaina on muita TV- ja radioyhtiöitä sekä mobiili- ja laajakaistaoperaattoreita. Digita kuuluu kansainväliseen TDF-konserniin. (7)

Digita rakentaa verkkoa yhteistyössä Siemensin kanssa Flash-OFDM-teknologialla. Flash-OFDM (Fast Low-latency Access with Seamless Handoff Orthogonal Frequency Division Multiplexing) on langattomaan tiedonsiirtoon suunniteltu, yhdysvaltalaisen Flarionin kehittämä järjestelmä. Flarionin omistaa nykyään Qualcomm.

Digita on sopinut palveluoperaattorisopimuksen seuraavien yritysten kanssa: Emtele, Fujitsu Services Oy, LynxNet Oy ja TeliaSonera. Digita ei siis tarjoa palveluja suoraan kuluttajille, vaan toimii palveluoperaattoreiden kautta. (8)

@450-laajakaistan tarkoituksena on tarjota koko maan kattava langaton verkkoyhteys, jolla voi korvata langallisen verkkoyhteyden. (7)

4.2.2 Tekniset ominaisuudet

@450-laajakaista hyödyntää matkapuhelinkäytöstä vapautunutta NMT 450-verkon taajuusaluetta. Laajakaistan taajuusalue on matala, joten yhdellä tukiasemalla voidaan peittää laajoja maantieteellisiä alueita. (8)

Valtakunnallisia digitaalisia laajakaistaisia 450-matkaviestinverkkoja on yksi ja verkko toimii taajuusalueilla 453,700 – 456,925 MHz ja 463,700 – 466,925 MHz. (9)

Vastaanottimena toimii tietokoneeseen liitettävä modeemi. Modeemin antennin tai erillisen antennin avulla modeemi saa yhteyden tukiasemaan. Laajakaistayhteys toimii myös liikkuvassa käytössä säilyttäen datasiirtoyhteyden tukiasemasta toiseen siirryttäessä. Suomessa nopeus on enimmillään 1 Mbps (vastaanotto) ja 512 kbps (lähetys). Vasteaika on 50 ms. 2 Mbps verkko on kehitteillä, mutta peittoalue on suppea. (8)

4.2.3 Käyttökohde ohjelmansiirrossa

NOS-käytössä @450-verkko on valittu pääyhteydeksi luotettavuuden, hinnan ja lähes koko Suomen kattavan peiton vuoksi. Liitteessä 1 olevassa kartassa on esitetty @450-verkon peitto 5.3.2010. Lisäksi palveluntarjoajalta saa ostettua palvelun, joka takaa tietyn vähimmäissiirtonopeuden kaikkialla kuuluvuusalueella. Tämä mahdollistaa ohjelmansiirron luotettavuuden esimerkiksi tiheään asutuilla alueilla tai suurissa yleisötahtumissa, joissa verkko saattaa ruuhkautua.

4.2.4 Ulkotuotannon antennityypit @450-verkossa

Antennin valinta on tärkeää, koska nopeus ja luotettavuus saavutetaan vain voimakkaalla signaalilla. Tämän vuoksi antennin vahvistus tulee olla riittävä. Vaikeissa vastaanotto-olosuhteissa eli kaukana tukiasemasta tai tukiasemaan nähden maastoesteiden takana antennin tulee olla tehokkaampi. Tällöin antennilta edellytetään 9 - 15 dBi:n vahvistusta. (7)

Signaalin voimakkuuteen vaikuttaa myös antennin etu-takasuhde, jolla tarkoitetaan antennin kykyä vaimentaa takaa tulevaa signaalia. Kuvassa 8 näkyy erityyppisten antennien suuntakuvioita. Optimaalinen antenni vastaanottaa vain sen tukiaseman signaalin, johon se on suunnattu. Käytännössä kuitenkin suunta-antenni vastaanottaa signaalia myös takaapäin, joten toisen aseman signaali voi häiritä toista signaalia. (7)

Antennin etu-takasuhde on riittävä, jos se on vähintään 15 dB tai mieluiten 20 dB.

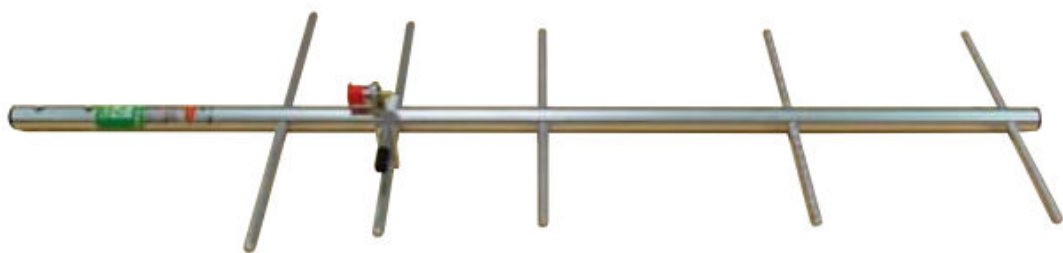
20 dB:n etu-takasuhde voi näkyä signaalin voimakkuuden paranemisessa jopa 100-kertaiseksi verrattuna antenniin, jonka etu-takasuhde on 0 dB (esimerkiksi ympärisäteilevä antenni, joka vastaanottaa ja säteilee siihen syötettävää tehoa joka suuntaan yhtä paljon). (7)



Kuva 8. Erityyppisten antennien suuntakuvioita. (7)

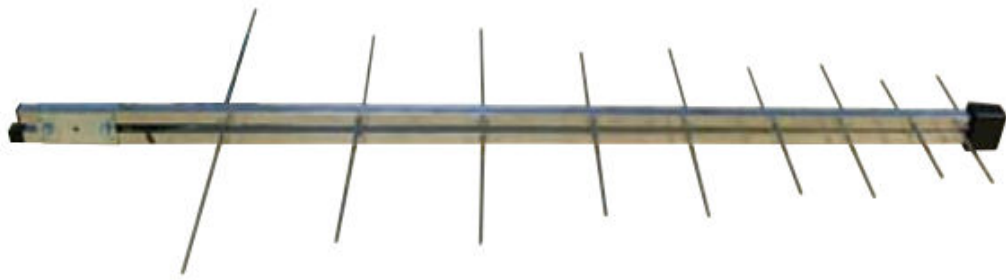
Ulkotuotannon autoissa on kiinteät teleskooppiantennimastot, joihin kiinnitetään Yagi- tai log-periodinen ulkoantenni. Muissa autoissa voidaan käyttää auton katolle asennettavaa piiska-antennia. Kun modeemia kannetaan mukana, käytetään pientä ympärisäteilevää antennia tai piiska-antennia.

Kuvan 9 mukaiset Yagi-antennit ovat kapeakaistaisia eli tietyn taajuusalueen kattavia antennia. Kuvassa on 5-elementtinen eli ”5-piikkinen” Yagi-antenni, jonka taajuuskaista on 450 - 470 MHz, vahvistus 1,4 dBi ja etu-takasuhde 20 dB.



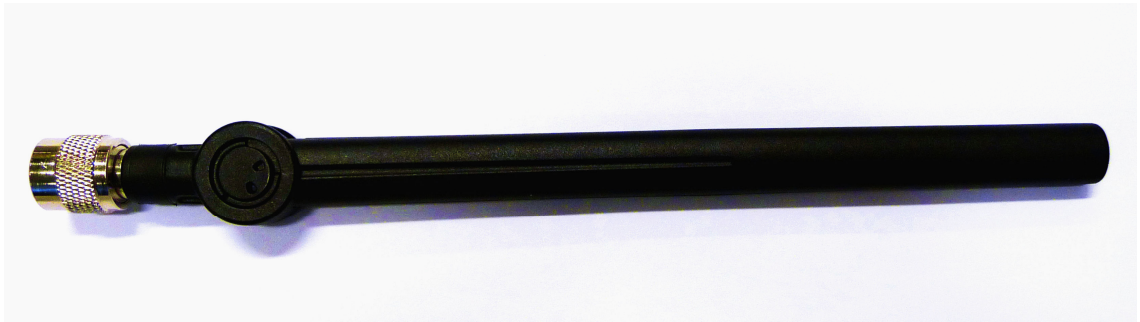
Kuva 9. Yagi-antenni

Log-periodiset antennit ovat yleisiä UHF-alueella. Kuvassa 10 on 450 MHz taajuuden kattava log-periodinen antenni, jonka taajuusalue on 380 MHz - 500 MHz. Vahvistus on 9,7 dBi ja etu-takasuhde 20 dB.



Kuva 10. Log-periodinen antenni

Sisätiloissa ja modeemia kannettaessa käytetään Qualcomm-modeemin mukana toimitettavaa ympärisäteilevää antennia, joka on kuvassa 11.



Kuva 11. Qualcomm-modeemin ympärisäteilevä antenni. Pituus 27 mm.

Kuvan 12 mukaisia piiska-antenneja voidaan käyttää ajoneuvoissa tai väliaikaisissa tuotantopisteissä. 1-2 m pituisella kaapelilla voidaan hakea parasta kuuluvuusalueita. Antennit voidaan kiinnittää kaksipuolisella teipillä, magneetilla tai kierteellä varustetulla jalustalla.



Kuva 12. Piiska-antenneja.

4.3 Mobiilidata (HSPA, 3G, EDGE, GPRS ja GSM)

4.3.1 Yleistä

Mobiilidata on matkapuhelinverkossa siirrettävää dataa taajuuksilla 900 / 1800 MHz tai 2,1 GHz. Tiedonsiirrossa käytettäviä tekniikoita on useita ja käytettävä tekniikka riippuu tukiasemasta ja päätelaitteen ominaisuuksista.

Liittymiä tarjoaa Suomessa esimerkiksi DNA, Elisa, Saunalahti, Sonera, Tele Finland ja Welho. Kaikki liittymät kuitenkin toimivat joko DNA:n, Elisan tai Soneran verkossa.

Verkkojen tarkoituksena on pääosin tarjota hetkellinen Internet-yhteys mobiililaitteelle, mobiilidatalla voidaan kuitenkin korvata kiinteä yhteys, jos tiedonsiirtonopeus on alueella riittävä.

4.3.2 Tekniset ominaisuudet

GSM

Ensimmäisellä GSM-tekniikalla (Global System for Mobile Communications) pystyttiin piirikytkentäisen datasiirron avulla siirtämään dataa 14,4 kbps nopeudella. Tekniikka hyödynsi yhtä kahdeksasta aikavälistä ja $\frac{1}{2}$ konvoluutiokoodaukseen perustuvaa virheenkorjausmenetelmää. (10)

Dataliikenteen määrän kasvaessa kehitettiin HSCSD-tekniikka (High Speed Circuit Switched Data), jonka avulla voitiin hyödyntää useampaa aikaväliä. Uusi tekniikka mahdollisti 57,6 kbps nopeuden, mutta käytännössä radiotien ja laitteiden viiveet sekä ruuhkautuminen rajoittivat nopeutta. (10)

GPRS

Tiedonsiirron tarpeen edelleen lisääntyessä kehitettiin GPRS-tekniikka (General Packet Radio Service), joka mahdollistaa yhteydettömän pakettikytkentäisen dataliikenteen, eli paketit lähetetään toisistaan riippumattomina. Tekniikan teoreettinen maksiminopeus on 172,2 kbps eli 21,2 kbps aikaväliä kohden. Käytännössä operaattorit rajoittavat yhteyden nopeuden esimerkiksi 50 kb/s välttääkseen verkon ruuhkautumista. (10)

EDGE

EDGE-tekniikka (Enhanced Data rates for GSM Evolution) on GPRS:n seuraaja ja perustuu myös GSM-tekniikkaan. Tekniikka mahdollistaa teoriassa 1 Mb/s datansiirtonopeuden lähinnä tehokkaamman modulaation ansiosta. Käytännössä tämänkin tekniikan nopeudet jäävät murto-osaan teoreettisesta. (11)

3G

3G on lyhenne kolmannen sukupolven matkapuhelinteknologioille, joka siis käsittää useita eri mobiilidatansiirtotekniikoita. Kansainvälinen televiestintäliitto ITU-T on kuitenkin määritellyt, mihin 3G-tekniikkaan perustuvan verkon tulee pystyä. Verkon tulee tukea suuria datansiirtonopeuksia eli 144 kbps laajalla ulkopeittoalueella

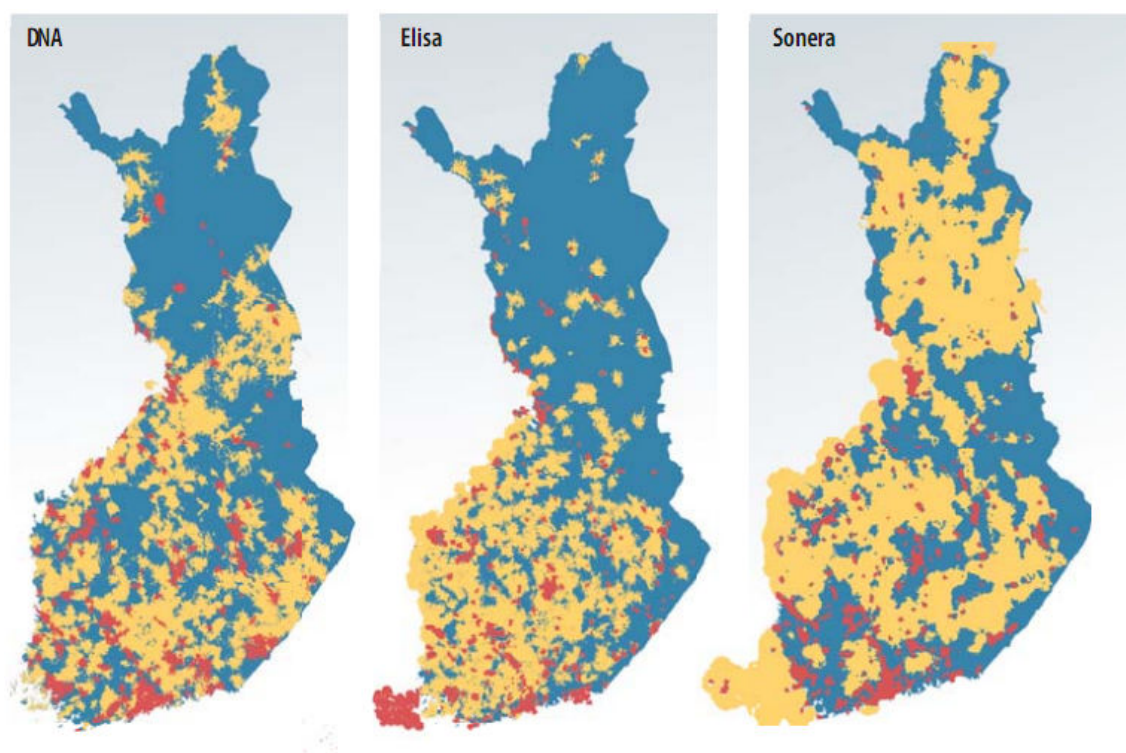
(ajoneuvot), 384 kbps laajalla ulkopeittoalueella (jalankulkijat) ja 2 Mbps tai enemmän sisäpeittoratkaisuilla. Verkon tulee myös mahdollistaa videopuhelut. (12)

HSPA ja HSPA+

HSPA (High Speed Packet Access) on 3G:hen kuuluva tekniikka, jonka tarkoitus on nopeuttaa 3G-datansiirtoa. Tekniikka tukee 1,8, 3,6, 7,2, ja 14 Mbps nopeuksia verkosta ladattaessa ja verkkoon lähetettäessä nopeuksia 1,46, 2,93, 5,76, ja 11,5 Mbps. HSPA+ tukee 21 tai 42 Mbps nopeuksia verkkosta ladattaessa, mutta esimerkiksi DNA ilmoittaa HSPA+ -liittymänsä tyypilliseksi nopeudeksi 0,2-15 Mbps. (13)

4.3.3 Käyttökohde ohjelmansiirrossa

NOS-käytössä Soneran 3G-verkko on valittu vaihtoehtoiseksi siirtotieksi. Verkko pystyy taajamissa nopeampiin siirtoyhteyksiin kuin @450-verkko. 3G-verkko voidaan myös valita siirtotieksi, jos @450-verkolla ei ole kuuluvuutta edes ulkoisella antennilla. Mobiilidata toimii kaikkialla, missä matkapuhelimetkin. Kuvasta 13 näkee, että Soneran 3G-verkko on lähes maankattava. 3G-verkon kuuluvuus ei kuitenkaan automaattisesti takaa nopeaa tiedonsiirtoa.



Kuva 13. DNA:n, Elisan ja Soneran 3G:n (UMTS 2100) kuuluvuus Suomessa. DNA:n ja Elisan kartat kuvaavat tämän hetken tilannetta, kun taas Soneran kartta on ennuste loppukesälle 2010. Punainen väri on UMTS 900, keltainen UMTS 2100. (14)

Koska data kulkee GSM-verkossa, yhteys voi hidastua tai katketa yllättäen. Palveluntarjoajalta ei saa varattua kaistaa, joten verkon käytössä on riskejä luotettavaa lähetystä ajatellen. Suuret yleisötapahumat saattavat tukkia verkon. Yhteyksiä myös priorisoidaan, joten esim. viranomaisen soittama puhelu voi katkaista alemman prioriteetin puhelun. Esimerkiksi p2p-yhteydet voi olla kielletty sopimuksessa tai operaattori voi hidastaa niitä, kun käytössä on mobiilidata. Esimerkiksi Elisa luokittelee verkkopuheluohjelman Skype:n p2p-liikenteeksi, joten ei ole varmaa, miten ”codecilla” siirretty haastattelu luokitellaan mobiilidataverkossa. (15)

Verkon toinen heikkous on alueittain vaihtelevat tiedonsiirtonopeudet, jotka voivat olla syrjäisemmillä seuduilla riittämättömät tarpeeksi laadukkaaseen ohjelmansiirtoon. Tietokone-lehden numerossa 5/2010 todettiin, että yhteyksien nopeudet jäävät kauaksi luvatuista nopeuksista. Lehti testasi viisi nopeinta mobiililaajakaistaa, joiden nopeuksiksi luvattiin 1-15 Mbps, mutta keskinopeus jäi noin 0,5 Mbps:iin. NOS-

käyttöä ajatellen positiivinen asia nopeustestissä oli lähetysnopeus. Otaniemessä tehdyssä mittauksessa dataa siirtyi nopeammin verkkoon kuin päinvastoin. (13)

4.4 WLAN

4.4.1 Yleistä

WLAN (Wireless Local Area Network) on langaton lähiverkkotekniikka, jolla erilaiset verkkolaitteet voidaan yhdistää ilman kaapeleita. Useimmiten WLAN-termiä käytetään tarkoittamaan IEEE 802.11 –standardia (16)

WLAN-verkon voi luoda itse eikä siihen tarvita palveluntarjoajaa. Ohjelmansiirrossa langattomalla verkkoyhteydellä langaton datayhteys voidaan jakaa usealle toimittajalle.

4.4.2 Tekniset ominaisuudet

WLAN on LAN-verkon langaton versio. Lähiverkot muodostetaan radiolähettimien ja vastaanottimien avulla. Yleensä verkkoa hallitsee tukiasema (isäntä), johon verkon käyttäjät liittyvät, mutta sovittimien ollessa toistensa kantamalla ne voivat muodostaa verkon keskenään. Langalliseen verkkoon pääsee vain liittymällä fyysisesti verkkoon, mutta langatonta liikennettä on mahdollista seurata yleisesti saatavilla välineillä. Tästä johtuen langattomat verkot salataan, jos verkko halutaan rajata. (16)

Tällä hetkellä yleisimmin käytettävät standardit toimivat 2,4 GHz avoimella taajuusalueella, eikä WLAN-laitteiden käyttäminen vaadi lupaa. (17)

Virallisia WLAN-standardeja on tällä hetkellä neljä:

IEEE802.11a

Standardi 5 GHz taajuusalueella toimiville WLAN-laitteille. Laitteiden käyttö on sallittua tällä hetkellä vain sisätiloissa, ja niillä on 2.4 GHz taajuusalueella toimiviin laitteisiin verrattuna huomattavasti huonompi kantomatka. Tällä hetkellä laitteita on saatavilla markkinoilla suhteellisen vähän. (17)

IEEE802.11b

Standardi 2,4 GHz taajuusalueella ja 11 Mbps nopeudella toimiville WLAN-laitteille. Ensimmäinen laajemmalle levinnyt WLAN-standardi, mutta tällä hetkellä myytävistä laitteista selvästi suurimman osan muodostavat IEEE802.11g-standardin laitteet. (8)

IEEE802.11g

Standardi 2,4 GHz taajuusalueella ja 54 Mbps nopeudella toimiville WLAN-laitteille. Tällä hetkellä suurin osa markkinoilla olevista laitteista noudattaa tätä standardia. IEEE802.11g-laitteet ovat yhteensopivia IEEE802.11b-laitteiden kanssa, mutta nopeus on tällöin vain 11 Mbps. (17)

IEEE802.11n

N-tekniikan on tarkoitus nostaa WLAN-verkkojen nopeuksia verrattuna 801.11a- ja 802.11g-verkkoihin verrattuna. Tekniikalle luvattu nopein nopeus on 600 Mbps, käytännössä nopeudet ovat kuitenkin 100 - 200 Mbps luokkaa. Nopeus vastaa perinteistä LAN-verkon 100 Mbit kaapeliyhteyttä. N-tekniikka tukee myös MIMO-tekniikkaa (Multiple-Input, Multiple-Output). Tekniikka hyödyntää useampaa radiotietä datansiirtoon, joten tukiasemassa antennoja on enemmän kuin yksi. (16)

4.4.3 Käyttökohde ohjelmansiirrossa

WLAN-verkko voidaan luoda ulkotuotantoauton läheisyyteen, jolloin samaa ohjelmansiirtoon tarkoitettua yhteyttä voi hyödyntää useampi toimittaja samanaikaisesti.

5. Ohjelmansiirtoon sopivien verkkojen vertailu

Seuraavasta taulukosta 1 nähdään, että @450-verkko on ainoa tekniikka, joka soveltuu kaikilta osa-alueiltaan LOS-järjestelmän korvaajaksi. Yhteys on maankattava sekä riittävän nopea verkkoon ja verkosta siirrettäessä. Viiveet eivät ole liian suuria ja operaattorilta voidaan varata kaistaa. Tekniikan etu on myös se, että se toimii rakennusten sisällä alhaisen taajuutensa vuoksi.

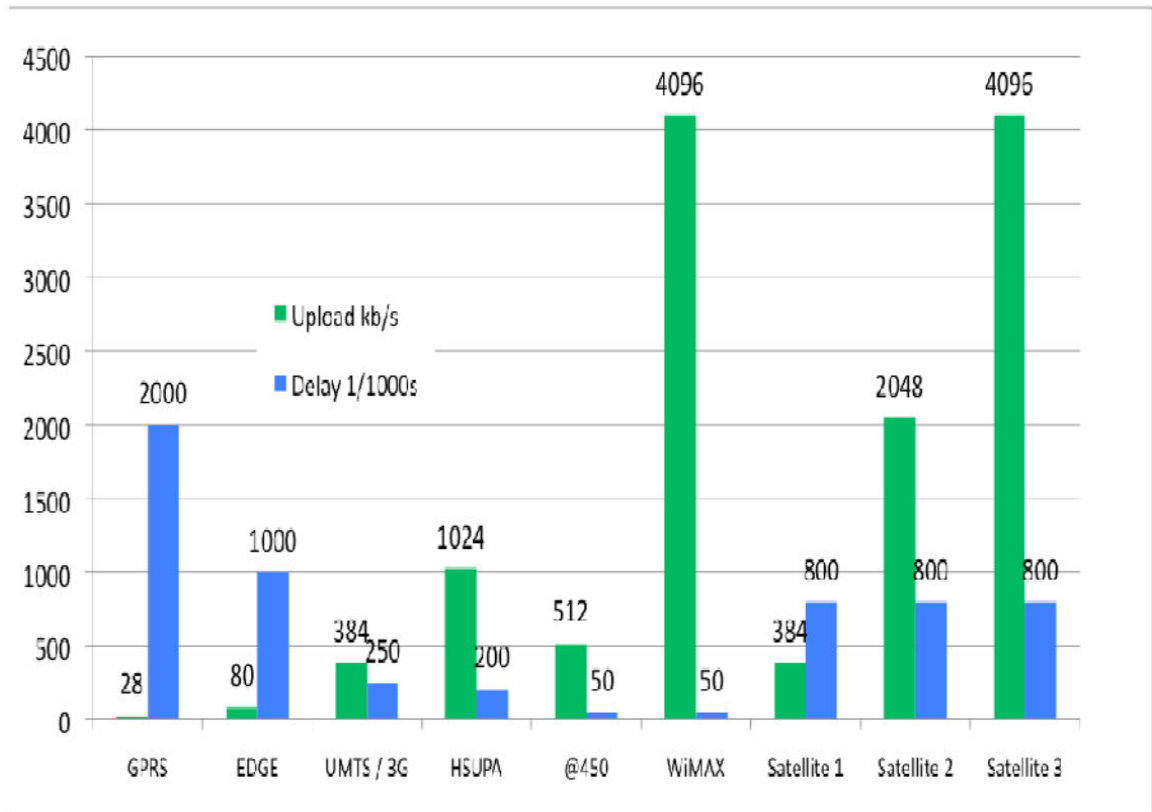
WiMAX on nopea ja verkon viiveet ovat pieniä, mutta suuren taajuuden tuoma nopeus tuo mukanaan huonon yhteyden esteiden tai sateen vuoksi. Myös verkon peitto on pieni, etenkin operaattoreiden itsenäisen toiminnan vuoksi.

Mobiililidatan vertailu on hankalaa suurien nopeusvaihteluiden vuoksi, ja verkon käyttö täytyy harkita ennen ohjelmansiirtoa koelähetyksellä. Tekniikan etuina on jonkinasteinen peitto kaikkialla, missä kännykätkin toimivat. Verkon luotettavuus on kuitenkin huono, koska kaistaa ei saa varattua. Viiveet verkossa ovat monesti liian suuria luontevaan lähetykseen.

Taulukko 1. Verkkojen vertailutaulukko. (18)

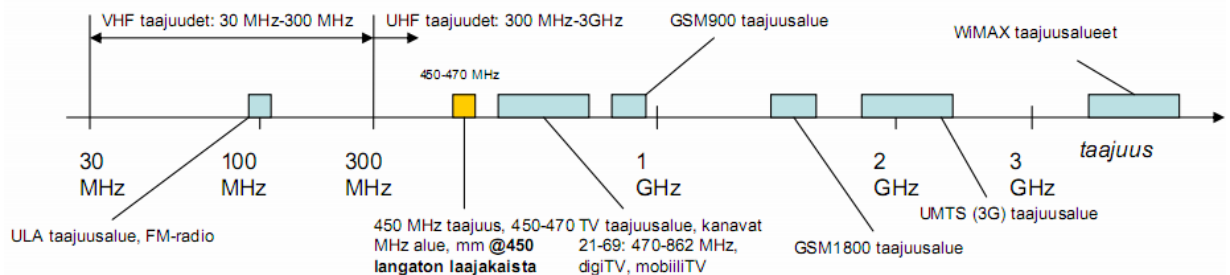
| | Flash-OFDM | WiMAX | 3G/HSDPA | GPRS/EDGE |
|---|--------------|--------------|---------------------|--------------|
| Taajuuskaista | 450 MHz | 3.5 GHz | 2.1 GHz | 900/1800 MHz |
| Peitto | Maankattava | Alueellinen | Suurimmat kaupungit | Maankattava |
| Tarvitaan näköyhteys tukiasemaan | Ei | Kyllä | Ei | Ei |
| Mobiili | Kyllä | Ei | Kyllä | Kyllä |
| Keskimääräinen käyttäjän datanopeus | ~ 1 Mbps | ~ 1 Mbps | ~ 1 Mbps | 100-200 kbps |
| Verkon viiveet (millisekuntia) | 20-50 ms | 20-50 ms | >80 ms | >150 ms |
| Päätelaitteen käyttö muualla Euroopassa | Ei | Ei | Kyllä | Kyllä |
| Pääasiallinen päätelaitetyyppi | Modeemi + PC | Modeemi + PC | Kännykkä | Kännykkä |

Kuvassa 14 näkyvät selkeästi yhteyksien lähetyksenopeudet ja viiveet, jotka ovat tärkeimmät arvot ohjelmaa siirrettäessä. Taulukossa on mukana vertailun vuoksi myös satelliittiyhteydet, mutta ne eivät sovi toimittajalle esim. vaadittavan suurikokoisen satelliittilautasen vuoksi. Yleisradiolla on kolme satelliittiyhteydellä varustettua autoa. Yhteyksien nopeudet ovat teoreettisia. @450-verkko ja WiMAX ovat hyviä arvoiltaan, kun taas mobiiliyhteydet ovat viiveen vuoksi heikompia suorituskvyylytään.



Kuva 14. Verkkojen nopeusvertailu.

Kuva 15 havainnollistaa taajuuksia, joille verkkojen toiminta sijoittuu. Mukana on myös yleisiä tunnettuja taajuuksia vertailun vuoksi. Keltaisella merkitty @450-verkko sijoittuu suhteellisen alas taajuuksissa, alhaisen taajuuden ansiosta verkko kuuluu myös esteiden takana. Kaikki kolme mobiilidatataajuuksia ovat 900 MHz tai suurempia, mutta kuuluvuus on silti hyvä esteidenkin takana. Suomessa WiMAX-verkon taajuus alkaa vasta 3 GHz jälkeen, joten verkon taajuus on hyvin korkea verrattuna @450-verkkoon.



Kuva 15. Verkkojen taajuuksialueet. (18)

6. Toimittajalle sopiva modeemi

6.1 *Langaton modeemi*

Palveluntarjoajalta tulee liittymäkohtainen modeemi, jolla yhteys verkkoon muodostetaan. Liittymä on myös mahdollista saada omavalintaiseen modeemiin. Projektin aikana testattiin useita eri modeemeja. Modeemit olivat suorituskyvyltään niin lähellä toisiaan, että valinnassa kiinnitettiin huomiota mekaaniseen soveltuvuuteen. Erään helsinkiläisen yrityksen modeemi oli mekaanisesti erinomainen, mutta juridisesti ongelmallinen, koska yritys oli käyttänyt toisen valmistajan modeemia oman kotelonsa sisällä ja myi sitä eteenpäin.

Palveluntarjoajan langaton modeemi oli mekaanisesti heikko: modeemin antenniliitännän juotokset olivat huonot, kotelo oli väljä ja huonosti sateelta suojaava. Ulkotuotannossa laitteet saattavat altistua mekaaniselle rasitukselle, kolhuille ja sateelle. Modeemi oli muuten hyvä, joten päädyimme koteloimaan langattoman modeemin paremmin itse. Uudelleenkoteloinnissa ei ole juridista ongelmaa, koska laite tulee yhtiön omaan käyttöön eikä jälleenmyyntiin. Sain tehtäväkseni rakentaa kestävämmän langattoman modeemin, joka olisi varustettu omalla virtalähteellä.

6.2 *Langaton modeemi repussa*

Ensimmäinen toimittajalle suunnattu @450-modeemi tahdottiin mahdollisimman nopeasti testeihin. Modeemi päätettiin sijoittaa omassa heikossa kotelossaan reppuun, jossa voisi kuljettaa samalla ”codeccia” tai ohjelmantuotantoon sopivaa kannettavaa tietokonetta. Repuksi valittiin ruotsalainen Boblbee-reppu, joka on suunniteltu herkkiä laitteita suojaavaksi repuksi aktiivikäyttöön. Repun kuori on valmistettu ABS-muovista, mikä helpottaa kiinteiden laitteiden asennusta ja suojaa modeemia sekä ohjelmantuotantoon käytettävää kannettavaa tietokonetta tai ”codeccia”. Repussa on myös muita käteviä ominaisuuksia, kuten kännykkä tai pientarviketasku kantohihnassa ja repun sisällä taskuja papereille, joita usein kulkee toimittajan mukana.



Kuvat 16 ja 17. @450-reppu

Repassa on kiinteä teleskooppiantennimasto, johon voidaan liittää erilaisia antenneja. Antennit liitetään BNC-läpivientiin, repun sisällä läpiviennistä kulkee BNC-TNC – kaapeli modeemin TNC-liittimellä varustettuun antenniliitäntään. Repun sivulla on ylinnä RJ45-läpivienti modeemin verkkoliitäntään. Toiseksi ylinnä on testipainike, jolla saadaan taustavalaistuun jännitemittariin akun varaustila. Jännitemittarin alla on modeemin virtakytkin ja 4 A sulake modeemille sekä akkupaketille. Alinna on 5-nastainen XLR-liitin virransyöttöä varten. Aina kun ulkoinen virtalähde on kytketty reppuun, latautuu 5 x 5000 mAh NiCd (Nickel Cadmium) akkupakettia noin 2 A virralla.

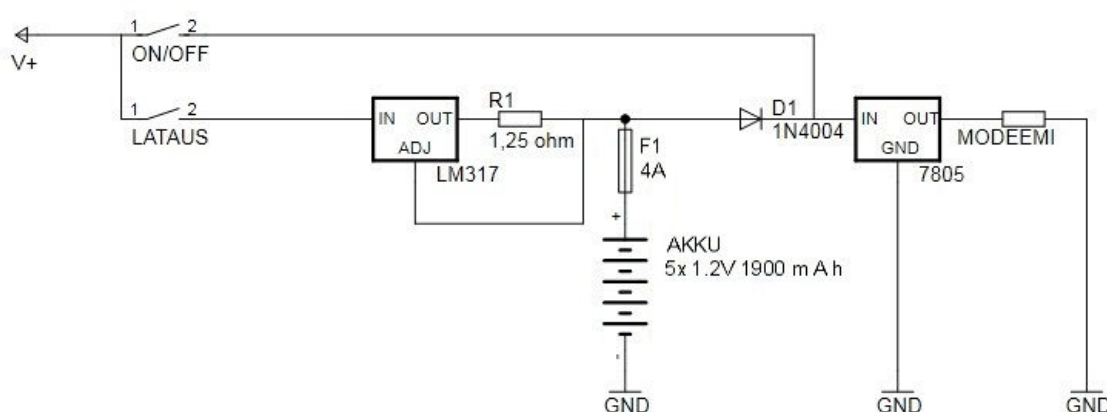
6.3 Vahvistettu langaton modeemi

6.3.1 Vaatimukset

Repun jälkeen toivottiin vahvistettua langatonta modeemia, jota toimittaja voisi käyttää irtolaisena erilaisissa tuotantotapahtumissa. Modeemin tulee olla pienikokoinen, mekaanisesti kestävä, sietää kosteutta, helposti monistettava, yksinkertainen ja mahdollisimman edullinen. Sama modeemi tulisi myös pystyä sijoittamaan ulkotuotantoautoihin LOS-järjestelmää korvaamaan.

6.3.2 Suunnittelu, osien hankinta ja kasaaminen

Modeemin suunnittelu aloitettiin kytkennästä, joka pyrittiin pitämään mahdollisimman yksinkertaisena. Mascotin hakkurivirtalähde syöttää LM317-säädettävään regulaattoriin perustuvaa virranrajoituspiiriä kuvan 17 mukaisesti, joka lataa enimmillään yhden ampeerin virralla 5 x 1,2 V 1900 mAh NiCd sarjaankytkettyä akkupakettia. Akkupaketilla on 4A hidas 5 x 20 mm lasiputkisulake vikatilanteiden varalta. Virtalähteen jännite on 7,5 V, jotta yksittäisen kennon latausjännite olisi 1,5 V. Akkupaketilta on otettu jännite 7805-regulaattorille, joka tasaa modeemille syötetyn jännitteen 5 V jännitteeksi, joka on langattoman modeemin käyttöjännite. Kytkennän toimintaa ohjataan kahdella kytkimellä, kytkimillä voidaan kytkeä modeemi tai akun lataus päälle tai pois. Kytkenä näkyy kuvassa 18.



Kuva 18. Eaglella piirretty kytkentäkaavio vahvistetun modeemin kytkennästä.

Seuraavaksi langattoman modeemin piirilevyllä, akulle ja muille komponenteille piti hankkia sopiva kotelo. Kotelomateriaalina sopivin olisi alumiini kestävyys, keveyden ja tarvittaessa lämmönsiirto-ominaisuutensa vuoksi. Kotelon IP-luokituksen tulisi olla riittävä ja hinnan edullinen. Koteloon tulisi mahtua langattoman modeemin piirilevyn lisäksi akku ja muut osat. Koteloita käytiin läpi usealta valmistajalta ja myyjältä, hinnoiltaan euroista satoihin euroihin.

Sopivin kotelo löytyi Elfalta, tuotenumero 50-561-56. Hammondin Britanniassa valmistettu kotelo on kohtuullisen järeää 6063-alumiiniprofiilia, joka on anodisoitu mustaksi. Kotelon päätyihin tuli alumiinilevyt muovisella kehyksellä. Kotelon yläosaan on muotoiltu lämmön poisjohtumista parantavat jäähdytysrivat ja kotelon sisäseinillä on valmiit urat piirikortteille. Langattoman modeemin sopii piirikortin uriin niin, että uriin jää 1 mm tyhjää sivusuunnassa. Korkeuden puolesta koteloon jää noin 1 mm tilaa, kun otetaan huomioon modeemin piirilevy, akkupaketti ja osien kiinnitystä varten suunniteltu 1,5 mm alumiinilevy. Osien kiinnityslevy tuli piirikortille mitoitettuun uraan, levyn yläpuolelle tulee modeemin piirilevy ja alapuolelle akkupaketti. Virranrajoituspiirille, regulaattorille ja muille osille jäi riittävästi tilaa pituussuunnassa. Takalevyyn tuli antenniliitin, DC-virtaliitin ja reiät modeemin RJ45- ja USB-liittimelle. Antenniliitimestä juotettiin koaksiaalikaapeli suoraan modeemin antenniliittimen pisteisiin piirilevyllä. Etulevyyn tuli latauksen, modeemin ja jännitemittarin kytkin. Modeemin tilasta kertovat ledit kiinnitettiin piirilevyyn ja jatkettiin etulevyyn

lattanauhalla. Kotelon suojausluokitus on IP40. Liitteenä 3 on kotelon piirustus ja tiedot.

6.3.3 Testaus

Kuvan 18 mukaisen kotelon sisälämpötilaa mitattiin Fluken yleismittariin kytketyllä K-tyypin termoparilla. Akkujen latautuessa ja modeemin siirtäessä jatkuvasti dataa lämpötila oli korkeimmillaan 38 °C ympäristön lämpötilan ollessa 22 °C. Valmistaja on ilmoittanut modeemin käyttölämpötilaksi 0 °C – +55 °C, joten lämpötila on sallituissa rajoissa vielä 39 °C lämpötilassa. Suuremmissa ulkotuotantoautoissa on auton oman ilmastoinnin lisäksi laitteille ja studiotilalle ilmastointi, mutta pienemmissä autoissa lämpötilat saattavat nousta kesällä korkeiksi.



Kuva 19. Vahvistettu langaton modeemi sisäisellä virtalähteellä.

Kaiken varalta koteloon jysrittiin kolme 5 mm x 2 mm uraa molemmille puolille etupäähän alas ja takapäähän ylös, jolloin koteloon saadaan painovoimaperusteinen ilmankierto.

Koekäytössä modeemi todettiin hyväksi mitoiltaan ja mekaanisesti, eikä tiedonsiirrossa esiintynyt ongelmia. Parannettavaa olisi modeemin kasauksen yksinkertaistamisessa ja akunkeston optimoinnissa.

Akkujen lataamista varten on oma kytkin, mutta todennäköisesti aktiivisessa toimittajatyössä lataus joko unohtuu tai sitten lataus on aina päällä, kun modeemi on ulkoisessa virtalähteessä kiinni. Akkujen latautuessa jännite kasvaa kemiallisen prosessin käydessä, kunnes akut ovat latautuneet täyteen. Jos lataamista jatketaan tämän jälkeen, kemiallinen prosessi päättyy, jännite laskee hieman ja akut muuttavat lävitsensä kulkevan virran lämmöksi. Tämä lämpö lyhentää akkujen elinikää sekä nostaa modeemin lämpötilaa turhaan. Modeemi kuluttaa virtaa enimmillään ampeerin, joten 1900 mAh akkupaketti kestää noin 2 h. Käyttöasteesta riippuen käytännössä toiminta-aika vaihtelee 2 h molemmin puolin, pidempi toiminta-aika olisi kuitenkin suotavaa.

6.4 Paranneltu versio vahvistetusta langattomasta modeemista

6.4.1 Vaatimukset

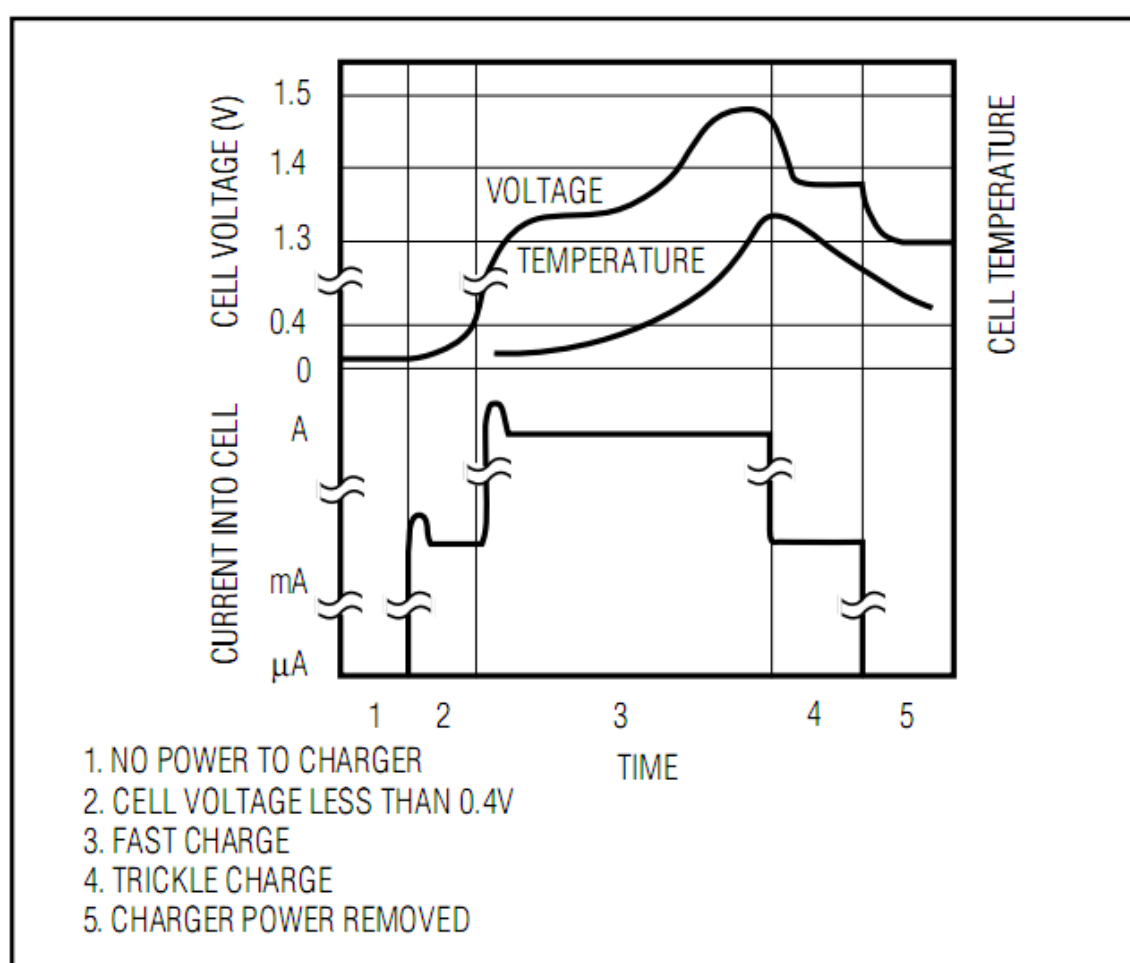
Ratkaisuksi vahvistetun langattoman modeemin akkujen kulumis- ja kesto-ongelmaan modeemiin päätettiin lisätä virranhallintapiiri, joka osaa ladata akkupakettia optimaalisesti siihen kytketystä kuormasta huolimatta. Useiden piirien läpikäymisen jälkeen sopivimmalta vaikutti Maxim-IC:n valmistama MAX712, joka on suosittu latauspiiri. Piirin datalehti on liitteenä 2.

6.4.2 Suunnittelu, osien hankinta ja kasaaminen

NiCd-akut kestävät hieman epätarkempaakin lataamista, toisin kuin NiMH-akut (Nickel Metal Hydride). NiMH-akut taas ovat kapasiteetiltaan suurempia, noin 1,5-kertaisia NiCd-akkuihin. Paranneltuun versioon voitiin valita älykkään virranhallintapiirin vuoksi Sanyon 3600 mAh SC-koon akkukennot. NiMH-akkujen etu on, että niillä ei esiinny samanlaista muisti-ilmiötä kuin NiCd-akuilla. NiCd-akut pitäisi kemiallisen rakenteensa

vuoksi purkaa loppuun ennen seuraavaa latausta, jotta akkujen elinikä ei lyhenisi. Myös latauskertoja ei tulisi olla useita päivässä. NiMH-akkuja taas ei haittaa jatkuva käyttö.

Virranhallintapiiriksi valittu MAX712 tarkkailee kennojen jännitteen nousua akkujen latautuesssa. Kun akut ovat latautuneet täyteen ja jännite alkaa pudota, piiri huomaa tämän muutoksen jännitteessä ja katkaisee latauksen. Tällöin käyttäjän ei tarvitse ohjata latausta koskaan. Jännitteentarkkailun lisäksi piirissä on ajastin, jonka katkaisee latauksen, jos akkukkenno on viallinen eikä se ole latautunut normaalissa ajassa.

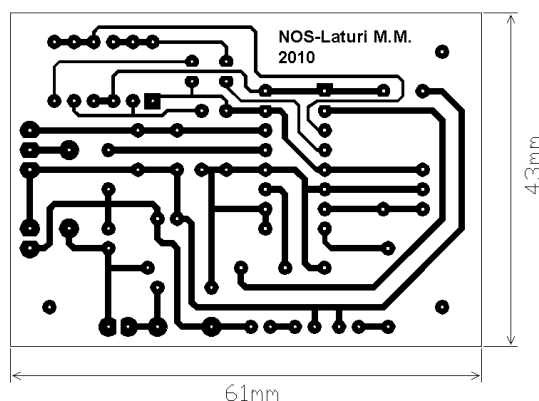


Kuva 20: Akun latauksen vaiheet.

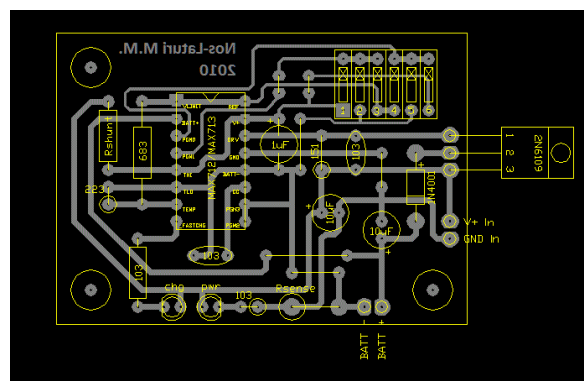
Kuvasta 20 näkyy, miten MAX712 lataa akkua. Laturi osaa huomioida sarjaankytketyt akkukennot yksittäisinä, joten toiminta on esitetty yksittäisen akkukennon mukaan. Piiri aina joko pikalataa tai ylläpitolataa akkua, kun ulkoinen virtalähde on kytketty.

Vaiheessa 1 ulkoista virtalähdettä ei ole kytketty ja piiri pysyy aktiivisena akun avulla,

natriumhydroksidiliuoksella, jolla piirilevyyn saatiin jäämään haluttu kuvio lakkaa. Kuvio suojasi lakkakerroksen alla olevaa kuparia, kun ylimääräinen kupari syövytettiin 40 % ferrikloridiliuoksella. Lopuksi komponenttien jaloille porattiin 0,8 mm, 1 mm ja 1,2 mm reiät komponentin jalkojen koosta riippuen.



Kuva 22. Piirilevyn maski.

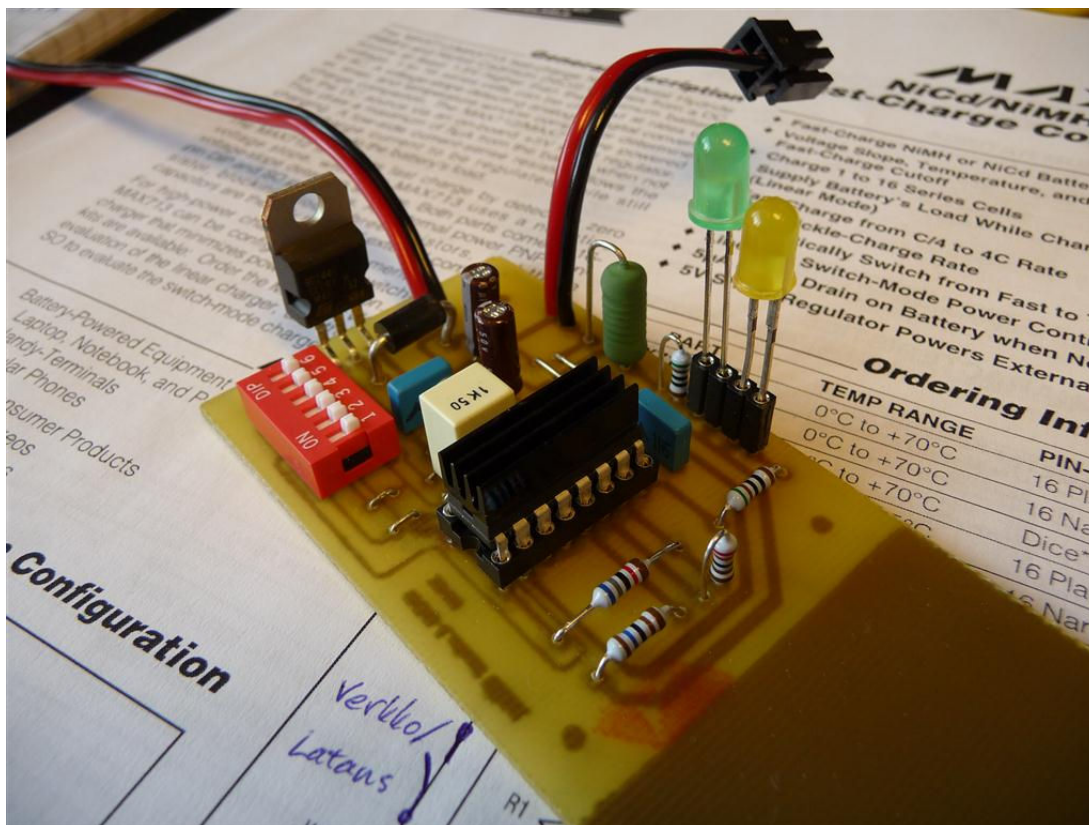


Kuva 23. Piirilevyn osasijoittelukuva

Piiri tilattiin valmistajan tarjoamana ilmaisena mallikappaleena Yhdysvalloista. Tarvittavat oheiskomponentit ostettiin Partcolta ja Farnellilta. Komponentit kasattiin piirilevyllä alkaen passiivikomponenteista ja loppuen aktiivikomponenttien juottamiseen. Piiri liitettiin levyllä viimeisenä painamalla se DIL-16-kotelolle tarkoitettuun IC-piirikantaan, jolloin minimoitiin staattisen sähkön ja juottamisesta aiheutuvan lämmön haittavaikutukset kytkennän herkimpään osaan.

Kuvassa 24 näkyvää kytkentää testattiin syöttämällä virtaa laboratoriovirtalähteestä, josta näkee samalla koko kytkennän virrankulutuksen. Piiri vaikutti toimivan normaalisti, joten kytkentään lisättiin akku, jonka virrankulutusta tarkkailtiin pihtivirtamittarilla. Välittömästi akun kytkemisen jälkeen latausledi syttyi ja akulle kulki 1,1 A suuruinen virta. Noin 20 minuutin jälkeen latausledi sammui ja kytkentä lopetti kuluttamasta virtaa. Akku purettiin 0,5 A virralla keinokuorman avulla ja kytkettiin takaisin laturiin, joka latasi akun täyteen. Kytkennässä lämpeneviä osia ovat transistori Q1, vastus R_{sense} ja MAX712 IC-piiri. Piiri lämpenee vain 40 °C:seen Raytekin IR-lämpömittarilla mitattuna huoneenlämmössä. Piiri kestää 70 °C, mutta

varalta sen päälle lisättiin Fischer electronicin 46 °C/W jäähdytys siili Alutronicin lämpöä johtavalla liimalla. Vastus lämpeni vain 35 °C:seen.



Kuva 24. Valmis MAX712-piiri oheiskomponentteineen piirilevyllä.

Ensimmäisessä versiossa virtaa kulutti myös modeemille 5 V käyttöjännitteen syöttävä 7805-regulaattoriin perustuva kytkentä. Tämän tyyppinen lineaarinen regulaattori muuttaa kaiken yli 5 V jännitteen virraksi, joten hyötysuhde on huono. 7805-regulaattorin etuna oli yksinkertaisuus, mutta se päätettiin korvata paremmalla virrankulutuksen ja lämmöntuoton vähentämiseksi. TL2575HV-05-regulaattori valittiin korvaajaksi Texas Instrumentsilta, jonka kytkentä neljän oheiskomponentin kanssa näkyy kuvassa 20. Step-down-hakkuriin perustuvalla kytkennällä saavutetaan normaalisti 88 % hyötysuhde. Kytkentä kasattiin piirilevyllä ja sen toiminta testattiin, 20 - 6 V jännitteellä ulostulojännite oli yleismittarilla mitattuna 4,95 V.

Kun kytkennät toimivan oikein, ne kasattiin akun ja modeemin kanssa koteloon.

Koteloinnissa käytettiin hyväksi todettua Hammondin alumiiniprofiilikotelo. Koteloon

jiyrsittiin saman tien ilmastointireiät kylkiin. Takalevyyn porattiin reiät sulakepesälle, DC-liittimelle ja TNC-antenniliittimelle ja jiyrstiin aukot modeemin RJ45- sekä USB-liittimelle. Etulevyyn tehtiin seitsämän 3 mm reikää modeemin merkkivaloille ja latauspiirin toimintaa indikoiville ledeille kaksi 5 mm reikää. Ledit yhdistettiin virranhallinnan piirilevylle nelinapaisella riviliittimellä. Kotelon sisälle leikattiin paksuudeltaan 1,5 mm alumiinilevy, johon modeemi kiinnitettiin neljällä M3-pultilla ja mutterilla. Modeemissa on komponentit peitetty foliokuvuilla häiriöiden poistamiseksi, joten modeemia korotettiin muoviholkeilla irti alumiinilevystä. Levyn pohjaan taitettiin akulle oma kotelo alumiinista, kotelo kiinnitettiin kummaltakin sivulta kolmella ruuvilla levyyn tehtyihin kierteisiin.

Virranhallinta ja 5 V regulaattorin piirilevyt kiinnitettiin TO-220-koteloiduista komponenteistaan akun taakse levyn alapuolelle. TO-220-koteloiden ja levyn väliin laitettiin piitahnaa ja silikonilevyä johtamaan lämpöä ja eristämään kotelot toisistaan galvaanisesti. Myös pultit eristettiin muoviholkeilla kontaktin estämiseksi. Modeemin piirilevyltä juotettiin koaksiaalikaapeli antenniliittimeen. DC-liittimeltä tuotiin 0.5mm²:n johto sulakepesän kautta virranhallinnalle, virranhallinta liitettiin akkupakettiin neljänastaisella Molexin valmistamalla virtaliittimellä. Modeemi kytkettiin akun rinnalle regulaattorikytkennän kautta. Etupaneelissa olevalla kytkimellä S1 voidaan kytkeä laturi päälle tai pois, poiskytkettynä tai ulkoisesta virtalähteestä irrotettuna modeemi siirtyy automaattisesti ottamaan virtansa akusta. Modeemi voidaan sammuttaa kytkimellä S2. Merkintöjä vaille valmis laite näkyy kuvissa 25 ja 26.



Kuva 25. Modeemin toinen versio.



Kuva 26. Modeemin toinen versio takaa.

6.4.3 Testaus

Lopuksi testattiin, että kytkentä toimii myös koteloituna kuten pitkääkin. Datansiirto toimi kaikissa tilanteissa, lämmöt pysyivät maltillisina ja toiminta-aika akulla oli keskimäärin hieman päälle kolme tuntia. Tyhjät akut latautuivat täyteen alle neljässä tunnissa, koska akkujen latautuminen ei tapahdu 100 % hyötysuhteella vaan osa energiasta muuttuu lämmöksi kemiallisessa prosessissa.

7. Yhteenveto

Yleisradion LOS-verkko on päivittäin aktiivisessa käytössä ja toimii luotettavasti, verkossa toimivia laitteita on kuitenkin nykyään hankala saada ja verkko on päätetty lakkauttaa Digitan toimesta. Tarpeeseen on olemassa korvaava digitaalinen verkko, joka todettiin tässä työssä. Projektin aikana saatiin arvokasta tietoa verkkojen ominaisuuksista ja soveltuvuudesta ohjelmansiirtoon. Verkkoja vertailtiin teoriassa eri lähteistä löytyvän tiedon perusteella ja käytännössä NOS-pilottiauton sekä irrallisten laitteiden avulla.

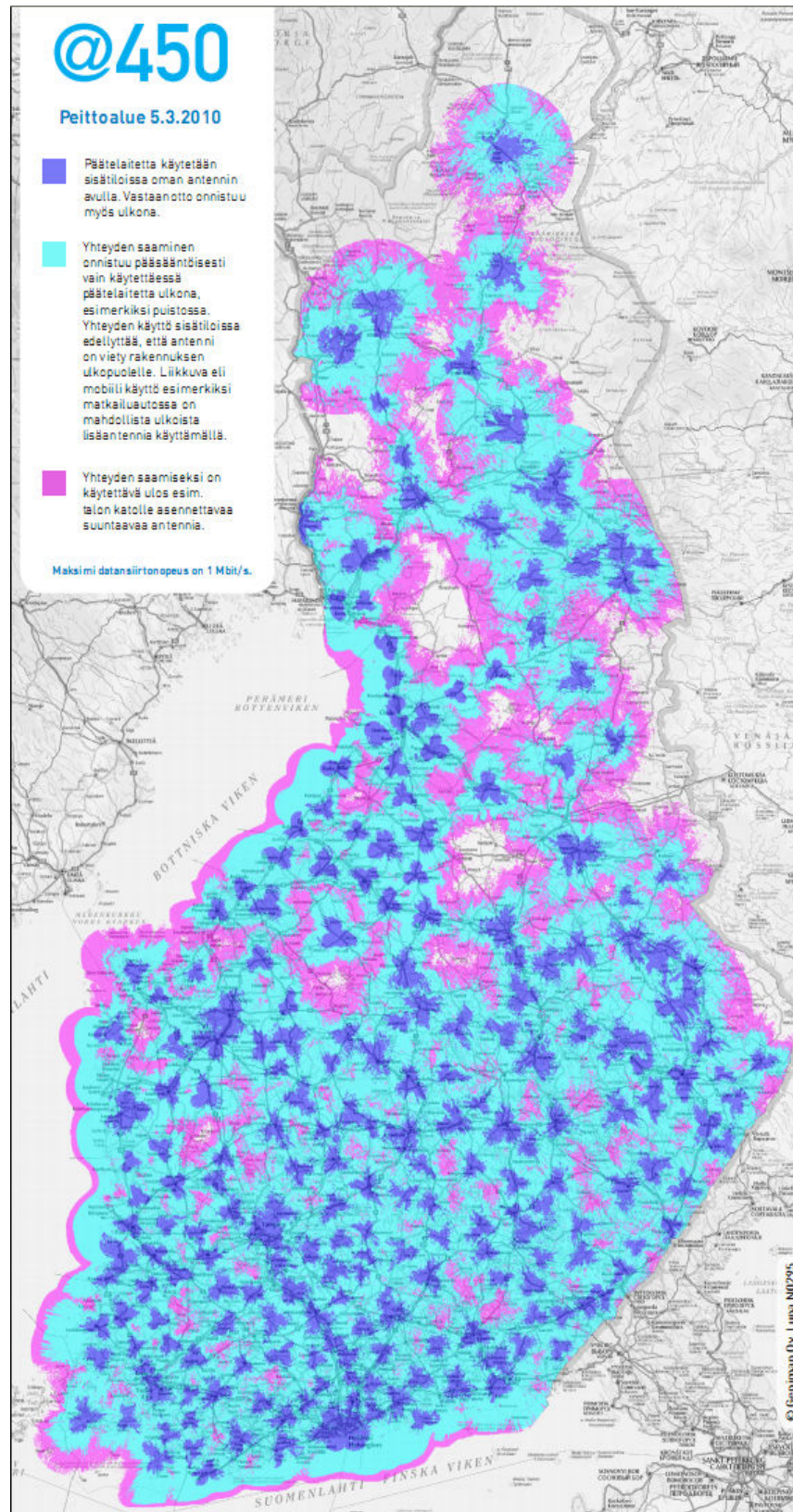
Työltä vaaditut tavoitteet täyttyivät. Saatavilla olevat verkot vertailtiin, testattiin ja sopivampaan verkkoon rakennettiin toimittajalle sopiva modeemi. Modeemista tuli tarpeiden mukainen, se on edullinen ja osat ovat yleisesti saatavilla. Akun ja alumiinirakenteensa vuoksi modeemi on helposti kannettava sekä kestävä. Kun toimittajalle sopivasta modeemista oli toinen versio rakenteilla, ensimmäinen oli käyttötestissä, jonka aikana modeemi toimi hyvin. Parannuksilta toivottiin kahta tuntia pidempää toiminta-aikaa, jota saatiin yli tunti lisää kehittyneemmällä virranhallinnalla, hyötysuhteeltaan paremmalla regulaattorilla sekä NiMH-akuilla.

Uuden verkon käyttöönotto on vasta alkuvaiheessa, verkon peittoa kartoitetaan lisää ja uusia laitteita testataan sekä kehitetään. LOS-verkon uusiminen on suuri projekti, jossa ei saa tulla ohjelman laadussa näkyviä virheitä.

Lähteet

1. Karonen, Heikki. Järjestelmäsuunnittelija, Yleisradio Oy. LOS-järjestelmän historiaa. (Word-dokumentti Yleisradion intranetissä). Luettu 1.4.2010.
2. The HF system offers fast action and flexibility in outside sound broadcasting, The Swedish telecommunications administration radio department, 1980. Luettu 20.1.2010
3. Mäenpää, Kari. Projektivastaava, Yleisradio Oy, Hanke-esitys 17.11.2008.
4. WiMAX-laajakaista. (WWW-dokumentti.) <www.wimax.fi>.
5. SuomiCom-operaattori. (WWW-dokumentti.) <www.suomicom.fi>.
6. Mäenpää, Kari. Projektivastaava, Yleisradio Oy. Puhelinhaastattelu 18.5.2010.
7. @450-antenniopas. (pdf-dokumentti.) Digita Oy.
8. @450-laajakaista. (WWW-dokumentti.) <<http://www.450laajakaista.fi/>>.
9. Valtioneuvoston asetus televisio- ja radiotoimintaan sekä toimintaluvanvaraiseen teletoimintaan määrättyjen taajuusalueiden toimintasuunnitelmasta (680/2007) 7§, (pdf-dokumentti.), Finlex.
10. Virtanen, Tuukka. Rakennustyömään olosuhdevalvontajärjestelmän tietoverkkoratkaisut. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu, 2009.
11. Ericsson AB 2007. White Paper: The Evolution of EDGE. (pdf-dokumentti.) Ericsson AB.
12. 3G (WWW-dokumentti.) <<http://fi.wikipedia.org/wiki/3G>>
13. Testissä nopeimmat Mökkulat, Tietokone 5/2010 s.46-48.
14. Vertailussa mobiililaajakaistat, Tekniikan Maailma 10/2010 s.60-66.
15. Mobiilidatan hintakilpailu alkaa, Tietokone 4/2006.
16. O'Hara, Bob & Petrick, Al. IEEE 802.11 handbook: a designer's companion, 1999.
17. Langaton verkko. (WWW-dokumentti.) Buffalo.
<<http://wlan.dacco.fi/langaton.htm>>.
18. @450 langaton laajakaista. (pdf-dokumentti.) Digita Oy.

Liite 1: @450-laaajakaistan peittoalue 5.3.2010



Liite 2: MAX712-piirin datalehti

19-0100; Rev 5; 4/02

EVALUATION KIT
AVAILABLE

MAXIM

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

MAX712/MAX713

General Description

The MAX712/MAX713 fast-charge Nickel Metal Hydride (NiMH) and Nickel Cadmium (NiCd) batteries from a DC source at least 1.5V higher than the maximum battery voltage. 1 to 16 series cells can be charged at rates up to 4C. A voltage-slope detecting analog-to-digital converter, timer, and temperature window comparator determine charge completion. The MAX712/MAX713 are powered by the DC source via an on-board +5V shunt regulator. They draw a maximum of 5µA from the battery when not charging. A low-side current-sense resistor allows the battery charge current to be regulated while still supplying power to the battery's load.

The MAX712 terminates fast charge by detecting zero voltage slope, while the MAX713 uses a negative voltage-slope detection scheme. Both parts come in 16-pin DIP and SO packages. An external power PNP transistor, blocking diode, three resistors, and three capacitors are the only required external components.

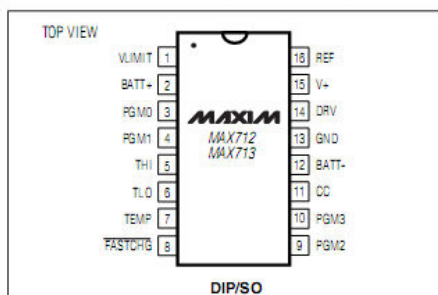
For high-power charging requirements, the MAX712/MAX713 can be configured as a switch-mode battery charger that minimizes power dissipation. Two evaluation kits are available: Order the MAX712EVKIT-DIP for quick evaluation of the linear charger, and the MAX713EVKIT-SO to evaluate the switch-mode charger.

Applications

Battery-Powered Equipment
Laptop, Notebook, and Palmtop Computers
Handy-Terminals
Cellular Phones

Portable Consumer Products
Portable Stereos
Cordless Phones

Pin Configuration



Features

- ♦ Fast-Charge NiMH or NiCd Batteries
- ♦ Voltage Slope, Temperature, and Timer Fast-Charge Cutoff
- ♦ Charge 1 to 16 Series Cells
- ♦ Supply Battery's Load While Charging (Linear Mode)
- ♦ Fast Charge from C/4 to 4C Rate
- ♦ C/16 Trickle-Charge Rate
- ♦ Automatically Switch from Fast to Trickle Charge
- ♦ Linear or Switch-Mode Power Control
- ♦ 5µA (max) Drain on Battery when Not Charging
- ♦ 5V Shunt Regulator Powers External Logic

Ordering Information

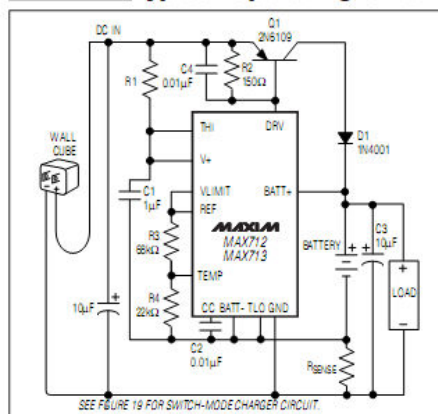
| PART | TEMP RANGE | PIN-PACKAGE |
|-----------|-----------------|----------------|
| MAX712CPE | 0°C to +70°C | 16 Plastic DIP |
| MAX712CSE | 0°C to +70°C | 16 Narrow SO |
| MAX712C/D | 0°C to +70°C | Dice* |
| MAX712EPE | +40°C to +85°C | 16 Plastic DIP |
| MAX712ESE | +40°C to +85°C | 16 Narrow SO |
| MAX712MJE | +55°C to +125°C | 16 CERDIP** |

Ordering Information continued at end of data sheet.

*Contact factory for dice specifications.

**Contact factory for availability and processing to MIL-STD-883.

Typical Operating Circuit



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

MAX712/MAX713

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| | | | |
|-----------------------|---|---|-----------------|
| V+ to BATT- | -0.3V, +7V | REF Current | 10mA |
| BATT+ to GND | ±1V | Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C) | |
| BATT+ to BATT- | | Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) | 842mW |
| Power Not Applied | ±20V | Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) | 696mW |
| With Power Applied | The higher of ±20V or ±2V x (programmed cells) | CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) | 800mW |
| DRV to GND | -0.3V, +20V | Operating Temperature Ranges | |
| FASTCHG to BATT- | -0.3V, +12V | MAX712_C_E | 0°C to +70°C |
| All Other Pins to GND | -0.3V, (V+ + 0.3V) | MAX713_E_E | -40°C to +85°C |
| V+ Current | 100mA | MAX713_MJE | -55°C to +125°C |
| DRV Current | 100mA | Storage Temperature Range | -65°C to +150°C |
| | | Lead Temperature (soldering, 10s) | +300°C |

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(I_{V+} = 10mA, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Refer to the *Typical Operating Circuit*. All measurements are with respect to BATT-, not GND.)

| PARAMETER | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|--|------|------|------|-------------------------------|
| V+ Voltage | 5mA < I _{V+} < 20mA | 4.5 | | 5.5 | V |
| I _{V+} (Note 1) | | 5 | | | mA |
| BATT+ Leakage | V+ = 0V, BATT+ = 17V | | | 5 | μA |
| BATT+ Resistance with Power On | PGM0 = PGM1 = BATT-, BATT+ = 30V | 30 | | | kΩ |
| C1 Capacitance | | 0.5 | | | μF |
| C2 Capacitance | | 5 | | | nF |
| REF Voltage | 0mA < I _{REF} < 1mA | 1.96 | | 2.04 | V |
| Undervoltage Lockout | Per cell | 0.35 | | 0.50 | V |
| External VLIMIT Input Range | | 1.25 | | 2.50 | V |
| THI, TLO, TEMP Input Range | | 0 | | 2 | V |
| THI, TLO Offset Voltage (Note 2) | 0V < TEMP < 2V, TEMP voltage rising | -10 | | 10 | mV |
| THI, TLO, TEMP, VLIMIT Input Bias Current | | -1 | | 1 | μA |
| VLIMIT Accuracy | 1.2V < V _{LIMIT} < 2.5V, 5mA < I _{DRV} < 20mA, PGM0 = PGM1 = V+ | -30 | | 30 | mV |
| Internal Cell Voltage Limit | V _{LIMIT} = V+ | 1.6 | 1.65 | 1.7 | V |
| Fast-Charge VSENSE | | 225 | 250 | 275 | mV |
| Trickle-Charge VSENSE | PGM3 = V+ | 1.5 | 3.9 | 7.0 | mV |
| | PGM3 = open | 4.5 | 7.8 | 12.0 | |
| | PGM3 = REF | 12.0 | 15.6 | 20.0 | |
| | PGM3 = BATT- | 26.0 | 31.3 | 38.0 | |
| Voltage-Slope Sensitivity (Note 3) | MAX713 | | -2.5 | | mV/t _A per cell |
| | MAX712 | | 0 | | |
| Timer Accuracy | | -15 | | 15 | % |
| Battery-Voltage to Cell-Voltage Divider Accuracy | | -1.5 | | 1.5 | % |
| DRV Sink Current | V _{DRV} = 10V | 30 | | | mA |

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($I_{V+} = 10\text{mA}$; $T_A = T_{\text{MIN}}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted. Refer to the *Typical Operating Circuit*. All measurements are with respect to BATT+, not GND.)

| PARAMETER | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|--------------------------|--|-----|-----|-----|---------------|
| FASTCHG Low Current | $V_{\text{FASTCHG}} = 0.4\text{V}$ | 2 | | | mA |
| FASTCHG High Current | $V_{\text{FASTCHG}} = 10\text{V}$ | | 10 | | μA |
| A/D Input Range (Note 4) | Battery voltage + number of cells programmed | 1.4 | 1.9 | | V |

Note 1: The MAX712/MAX713 are powered from the V+ pin. Since V+ shunt regulates to +5V, R1 must be small enough to allow at least 5mA of current into the V+ pin.

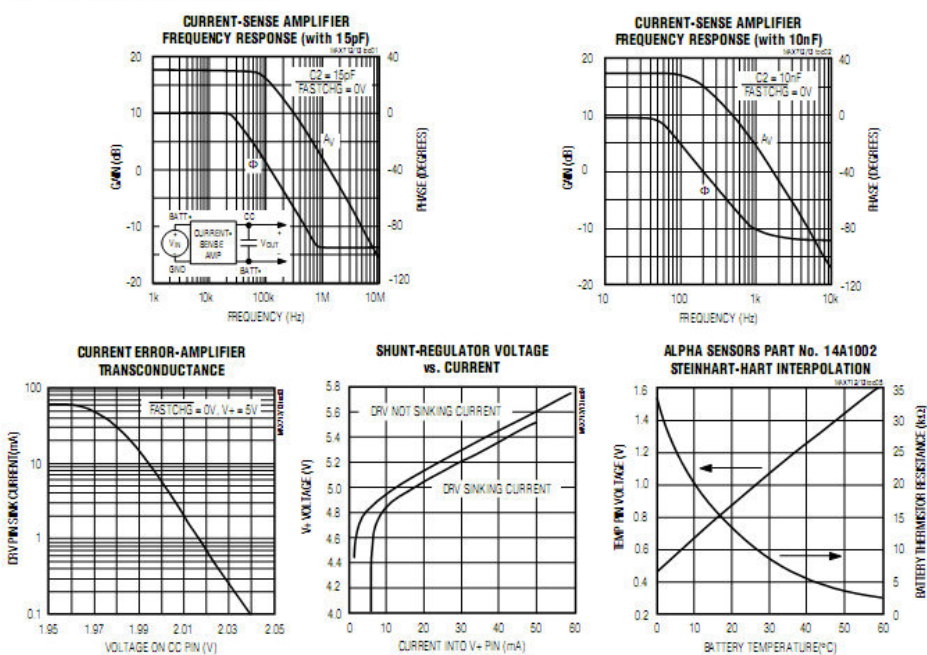
Note 2: Offset voltage of TH1 and TLO comparators referred to TEMP.

Note 3: t_A is the A/D sampling interval (Table 3).

Note 4: This specification can be violated when attempting to charge more or fewer cells than the number programmed. To ensure proper voltage-slope fast-charge termination, the (maximum battery voltage) + (number of cells programmed) must fall within the A/D input range.

Typical Operating Characteristics

($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)



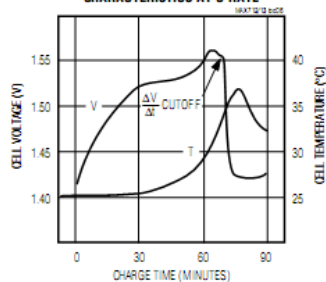
NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

MAX712/MAX713

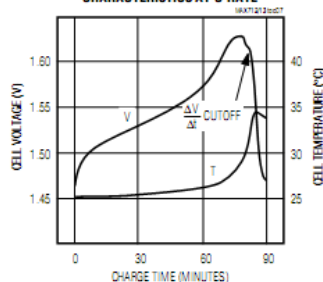
Typical Operating Characteristics (continued)

($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

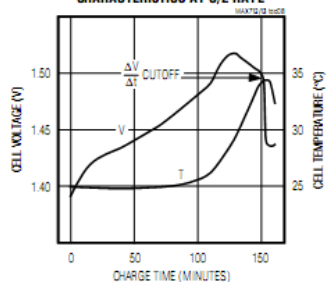
MAX713
NiCd BATTERY CHARGING
CHARACTERISTICS AT C RATE



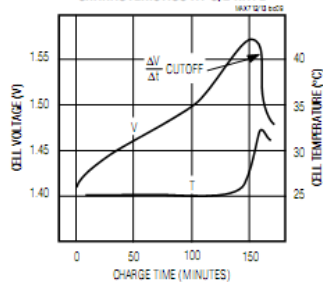
MAX713
NiMH BATTERY CHARGING
CHARACTERISTICS AT C RATE



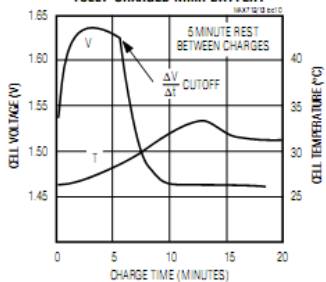
MAX713
NiCd BATTERY CHARGING
CHARACTERISTICS AT C/2 RATE



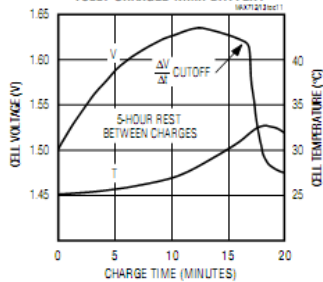
MAX713
NiMH BATTERY CHARGING
CHARACTERISTICS AT C/2 RATE



MAX713
CHARGING CHARACTERISTICS OF A
FULLY-CHARGED NiMH BATTERY



MAX713
CHARGING CHARACTERISTICS OF A
FULLY CHARGED NiMH BATTERY



NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

Pin Description

| PIN | NAME | FUNCTION |
|-------|---------------|---|
| 1 | VLIMIT | Sets the maximum cell voltage. The battery terminal voltage (BATT+ - BATT-) will not exceed VLIMIT x (number of cells). Do not allow VLIMIT to exceed 2.5V. Tie VLIMIT to VREF for normal operation. |
| 2 | BATT+ | Positive terminal of battery |
| 3, 4 | PGM0, PGM1 | PGM0 and PGM1 set the number of series cells to be charged. The number of cells can be set from 1 to 16 by connecting PGM0 and PGM1 to any of V+, REF, or BATT-, or by leaving the pin open (Table 2). For cell counts greater than 11, see the <i>Linear-Mode, High Series Cell Count</i> section. Charging more or fewer cells than the number programmed may inhibit ΔV fast-charge termination. |
| 5 | THI | Trip point for the over-temperature comparator. If the voltage-on TEMP rises above THI, fast charge ends. |
| 6 | TLO | Trip point for the under-temperature comparator. If the MAX712/MAX713 power on with the voltage-on TEMP less than TLO, fast charge is inhibited and will not start until TEMP rises above TLO. |
| 7 | TEMP | Sense input for temperature-dependent voltage from thermistors. |
| 8 | FASTCHG | Open-drain, fast-charge status output. While the MAX712/MAX713 fast charge the battery, FASTCHG sinks current. When charge ends and trickle charge begins, FASTCHG stops sinking current. |
| 9, 10 | PGM2, PGM3 | PGM2 and PGM3 set the maximum time allowed for fast charging. Timeouts from 33 minutes to 264 minutes can be set by connecting to any of V+, REF, or BATT-, or by leaving the pin open (Table 3). PGM3 also sets the fast-charge to trickle-charge current ratio (Table 5). |
| 11 | CC | Compensation input for constant current regulation loop |
| 12 | BATT- | Negative terminal of battery |
| 13 | GND | System ground. The resistor placed between BATT+ and GND monitors the current into the battery. |
| 14 | DRV | Current sink for driving the external PNP current source |
| 15 | V+ | Shunt regulator. The voltage on V+ is regulated to +5V with respect to BATT-, and the shunt current powers the MAX712/MAX713. |
| 16 | REF | 2V reference output |

MAX712/MAX713

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

MAX712/MAX713

Getting Started

The MAX712/MAX713 are simple to use. A complete linear-mode or switch-mode fast-charge circuit can be designed in a few easy steps. A linear-mode design uses the fewest components and supplies a load while charging, while a switch-mode design may be necessary if lower heat dissipation is desired.

- 1) Follow the battery manufacturer's recommendations on maximum charge currents and charge-termination methods for the specific batteries in your application. Table 1 provides general guidelines.

Table 1. Fast-Charge Termination Methods

| Charge Rate | NiMH Batteries | NiCd Batteries |
|-------------|--|--|
| > 2C | $\Delta V/\Delta t$ and temperature, MAX712 or MAX713 | $\Delta V/\Delta t$ and/or temperature, MAX713 |
| 2C to C/2 | $\Delta V/\Delta t$ and/or temperature, MAX712 or MAX713 | $\Delta V/\Delta t$ and/or temperature, MAX713 |
| < C/2 | $\Delta V/\Delta t$ and/or temperature, MAX712 | $\Delta V/\Delta t$ and/or temperature, MAX713 |

- 2) Decide on a charge rate (Tables 3 and 5). The slowest fast-charge rate for the MAX712/MAX713 is C/4, because the maximum fast-charge timeout period is 264 minutes. A C/3 rate charges the battery in about three hours. The current in mA required to charge at this rate is calculated as follows:

$$I_{\text{FAST}} = \frac{\text{(capacity of battery in mAh)}}{\text{(charge time in hours)}}$$

Depending on the battery, charging efficiency can be as low as 80%, so a C/3 fast charge could take 3 hours and 45 minutes. This reflects the efficiency with which electrical energy is converted to chemical energy within the battery, and is not the same as the power-conversion efficiency of the MAX712/MAX713.

- 3) Decide on the number of cells to be charged (Table 2). If your battery stack exceeds 11 cells, see the *Linear-Mode High Series Cell Count* section. Whenever changing the number of cells to be charged, PGM0

and PGM1 must be adjusted accordingly. Attempting to charge more or fewer cells than the number programmed can disable the voltage-slope fast-charge termination circuitry. The internal ADC's input voltage range is limited to between 1.4V and 1.9V (see the *Electrical Characteristics*), and is equal to the voltage across the battery divided by the number of cells programmed (using PGM0 and PGM1, as in Table 2). When the ADC's input voltage falls out of its specified range, the voltage-slope termination circuitry can be disabled.

- 4) Choose an external DC power source (e.g., wall cube). Its minimum output voltage (including ripple) must be greater than 6V and at least 1.5V higher (2V for switch mode) than the maximum battery voltage while charging. This specification is critical because normal fast-charge termination is ensured only if this requirement is maintained (see *Powering the MAX712/MAX713* section for more details).
- 5) For linear-mode designs, calculate the worst-case power dissipation of the power PNP and diode (Q1 and D1 in the *Typical Operating Circuit*) in watts, using the following formula:

$$P_{\text{D PNP}} = (\text{maximum wall-cube voltage under load} - \text{minimum battery voltage}) \times (\text{charge current in amps})$$

If the maximum power dissipation is not tolerable for your application, refer to the *Detailed Description* or use a switch-mode design (see *Switch-Mode Operation* in the *Applications Information* section, and see the MAX713 EV kit manual).

- 6) For both linear and switch-mode designs, limit current into V+ to between 5mA and 20mA. For a fixed or narrow-range input voltage, choose R1 in the *Typical Operating Circuit* using the following formula:

$$R1 = (\text{minimum wall-cube voltage} - 5V) / 5mA$$

For designs requiring a large input voltage variation, choose the current-limiting diode D4 in Figure 19.

- 7) Choose RSENSE using the following formula:
- $$R_{\text{SENSE}} = 0.25V / (I_{\text{FAST}})$$
- 8) Consult Tables 2 and 3 to set pin-straps before applying power. For example, to fast charge at a rate of C/2, set the timeout to between 1.5x or 2x the charge period, three or four hours, respectively.

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

Table 2. Programming the Number of Cells

| NUMBER OF CELLS | PGM1 CONNECTION | PGM0 CONNECTION |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | V+ | V+ |
| 2 | Open | V+ |
| 3 | REF | V+ |
| 4 | BATT- | V+ |
| 5 | V+ | Open |
| 6 | Open | Open |
| 7 | REF | Open |
| 8 | BATT- | Open |
| 9 | V+ | REF |
| 10 | Open | REF |
| 11 | REF | REF |
| 12 | BATT- | REF |
| 13 | V+ | BATT- |
| 14 | Open | BATT- |
| 15 | REF | BATT- |
| 16 | BATT- | BATT- |

Table 3. Programming the Maximum Charge Time

| TIMEOUT (min) | A/D SAMPLING INTERVAL (s) (tA) | VOLTAGE-SLOPE TERMINATION | PGM3 CONN | PGM2 CONN |
|---------------|--------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|
| 22 | 21 | Disabled | V+ | Open |
| 22 | 21 | Enabled | V+ | REF |
| 33 | 21 | Disabled | V+ | V+ |
| 33 | 21 | Enabled | V+ | BATT- |
| 45 | 42 | Disabled | Open | Open |
| 45 | 42 | Enabled | Open | REF |
| 66 | 42 | Disabled | Open | V+ |
| 66 | 42 | Enabled | Open | BATT- |
| 90 | 84 | Disabled | REF | Open |
| 90 | 84 | Enabled | REF | REF |
| 132 | 84 | Disabled | REF | V+ |
| 132 | 84 | Enabled | REF | BATT- |
| 180 | 168 | Disabled | BATT- | Open |
| 180 | 168 | Enabled | BATT- | REF |
| 264 | 168 | Disabled | BATT- | V+ |
| 264 | 168 | Enabled | BATT- | BATT- |

MAX712/MAX713

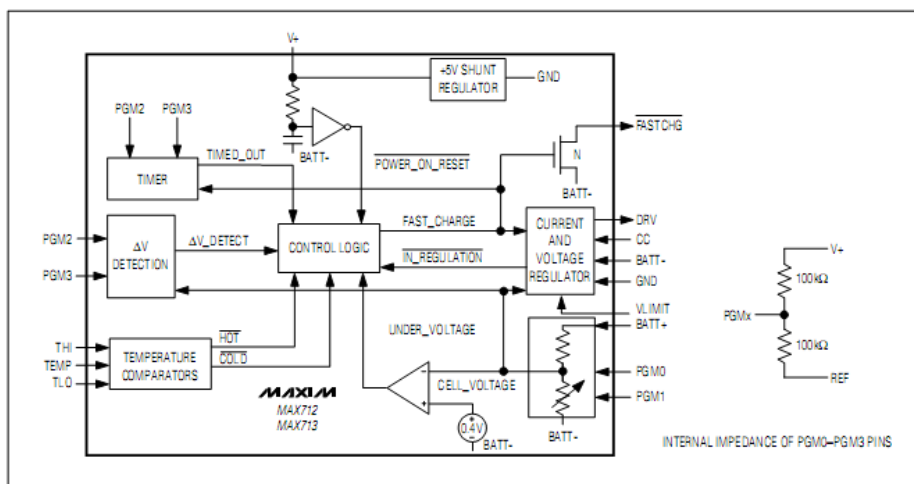


Figure 1. Block Diagram

MAXIM

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

MAX712/MAX713

Detailed Description

The MAX712/MAX713 fast charge NiMH or NiCd batteries by forcing a constant current into the battery. The MAX712/MAX713 are always in one of two states: fast charge or trickle charge. During fast charge, the current level is high; once full charge is detected, the current reduces to trickle charge. The device monitors three variables to determine when the battery reaches full charge: voltage slope, battery temperature, and charge time.

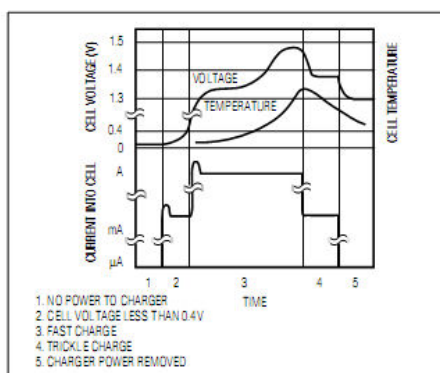


Figure 2. Typical Charging Using Voltage Slope

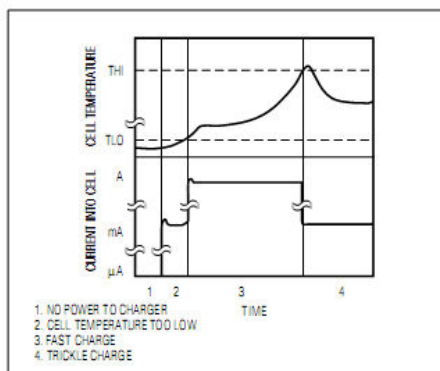


Figure 3. Typical Charging Using Temperature

Figure 1 shows the block diagram for the MAX712/MAX713. The timer, voltage-slope detection, and temperature comparators are used to determine full charge state. The voltage and current regulator controls output voltage and current, and senses battery presence.

Figure 2 shows a typical charging scenario with batteries already inserted before power is applied. At time 1, the MAX712/MAX713 draw negligible power from the battery. When power is applied to DC IN (time 2), the power-on reset circuit (see the POWER_ON_RESET signal in Figure 1) holds the MAX712/MAX713 in trickle charge. Once POWER_ON_RESET goes high, the device enters the fast-charge state (time 3) as long as the cell voltage is above the undervoltage lockout (UVLO) voltage (0.4V per cell). Fast charging cannot start until (battery voltage) / (number of cells) exceeds 0.4V.

When the cell voltage slope becomes negative, fast charge is terminated and the MAX712/MAX713 revert to trickle-charge state (time 4). When power is removed (time 5), the device draws negligible current from the battery.

Figure 3 shows a typical charging event using temperature full-charge detection. In the case shown, the battery pack is too cold for fast charging (for instance, brought in from a cold outside environment). During time 2, the MAX712/MAX713 remain in trickle-charge state. Once a safe temperature is reached (time 3), fast charge starts. When the battery temperature exceeds the limit set by TH1, the MAX712/MAX713 revert to trickle charge (time 4).

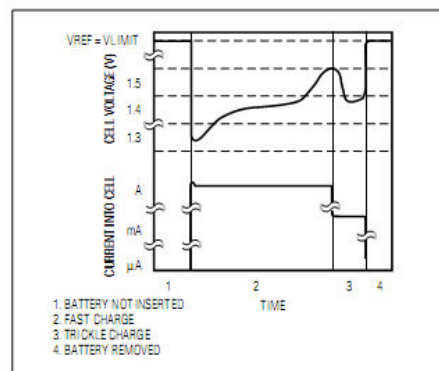


Figure 4. Typical Charging with Battery Insertion

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

MAX712/MAX713

The MAX712/MAX713 can be configured so that voltage slope and/or battery temperature detects full charge.

Figure 4 shows a charging event in which a battery is inserted into an already powered-up MAX712/MAX713. During time 1, the charger's output voltage is regulated at the number of cells times V_{LIMIT} . Upon insertion of the battery (time 2), the MAX712/MAX713 detect current flow into the battery and switch to fast-charge state. Once full charge is detected, the device reverts to trickle charge (time 3). If the battery is removed (time 4), the MAX712/MAX713 remain in trickle charge and the output voltage is once again regulated as in time 1.

Powering the MAX712/MAX713

AC-to-DC wall-cube adapters typically consist of a transformer, a full-wave bridge rectifier, and a capacitor. Figures 10–12 show the characteristics of three consumer product wall cubes. All three exhibit substantial 120Hz output voltage ripple. When choosing an adapter for use with the MAX712/MAX713, make sure the lowest wall-cube voltage level during fast charge and full load is at least 1.5V higher (2V for switch mode) than the maximum battery voltage while being fast charged. Typically,

the voltage on the battery pack is higher during a fast-charge cycle than while in trickle charge or while supplying a load. The voltage across some battery packs may approach 1.9V/cell.

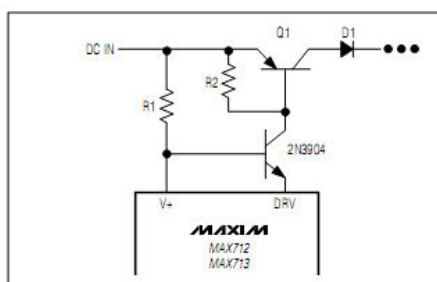


Figure 5. DRV Pin Cascode Connection (for high DC IN voltage or to reduce MAX712/MAX713 power dissipation in linear mode)

Table 4. MAX712/MAX713 Charge-State Transition Table†

| POWER_ON_RESET | UNDER_VOLTAGE | IN_REGULATION | COLD | HOT | RESULT* |
|----------------|---------------|---------------|------|-----|--------------------------------------|
| 0 | x | x | x | x | Set trickle |
| ↑ | 1 | x | x | x | No change |
| ↑ | x | 1 | x | x | No change |
| ↑ | x | x | 0 | x | No change |
| ↑ | x | x | x | 0 | No change*** |
| ↑ | 0 | 0 | 1 | 1 | Set fast |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | No change |
| 1 | 0 | 0 | ↓ | 1 | No change |
| 1 | ↓ | 0 | 1 | 1 | Set fast |
| 1 | 0 | ↓ | 1 | 1 | Set fast |
| 1 | 0 | 0 | 1 | ↑ | No change*** |
| 1 | 0 | 0 | ↑ | 1 | Set fast** |
| 1 | x | x | 0 | x | Trickle to fast transition inhibited |
| 1 | x | x | x | 0 | Trickle to fast transition inhibited |
| 1 | ↑ | 0 | x | x | Set trickle |
| 1 | 0 | ↑ | x | x | Set trickle |
| 1 | x | x | x | ↓ | Set trickle |

† Only two states exist: fast charge and trickle charge.

* Regardless of the status of the other logic lines, a timeout or a voltage-slope detection will set trickle charge.

** If the battery is cold at power-up, the first rising edge on COLD will trigger fast charge; however, a second rising edge will have no effect.

*** Batteries that are too hot when inserted (or when circuit is powered up) will not enter fast charge until they cool and power is recycled.

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

MAX712/MAX713

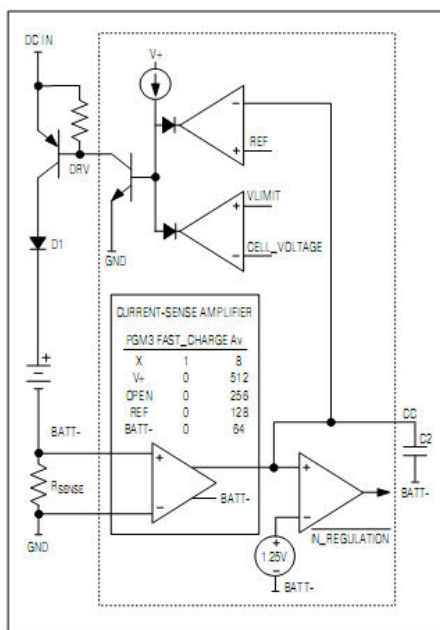


Figure 6. Current and Voltage Regulator (linear mode)

The 1.5V of overhead is needed to allow for worst-case voltage drops across the pass transistor (Q1 of *Typical Operating Circuit*), the diode (D1), and the sense resistor (RSENSE). This minimum input voltage requirement is critical, because violating it can inhibit proper termination of the fast-charge cycle. A safe rule of thumb is to choose a source that has a minimum input voltage = 1.5V + (1.9V x the maximum number of cells to be charged). When the input voltage at DC IN drops below the 1.5V + (1.9V x number of cells), the part oscillates between fast charge and trickle charge and might never completely terminate fast-charge.

The MAX712/MAX713 are inactive without the wall cube attached, drawing 5µA (max) from the battery. Diode D1 prevents current conduction into the DRV pin. When the wall cube is connected, it charges C1 through R1 (see *Typical Operating Circuit* or the current-limiting diode (Figure 19). Once C1 charges to 5V, the internal

shunt regulator sinks current to regulate V+ to 5V, and fast charge commences. The MAX712/MAX713 fast charge until one of the three fast-charge terminating conditions is triggered.

If DC IN exceeds 20V, add a cascode connection in series with the DRV pin as shown in Figure 5 to prevent exceeding DRV's absolute maximum ratings. Furthermore, if Figure 19's DC IN exceeds 15V, a transistor level-shifter is needed to provide the proper voltage swing to the MOSFET gate. See the MAX713 EV kit manual for details.

Select the current-limiting component (R1 or D4) to pass at least 5mA at the minimum DC IN voltage (see step 6 in the *Getting Started* section). The maximum current into V+ determines power dissipation in the MAX712/MAX713.

$$\begin{aligned} \text{maximum current into V+} &= \\ &(\text{maximum DC IN voltage} - 5\text{V}) / R1 \\ \text{power dissipation due to shunt regulator} &= \\ &5\text{V} \times (\text{maximum current into V+}) \end{aligned}$$

Sink current into the DRV pin also causes power dissipation. Do not allow the total power dissipation to exceed the specifications shown in the *Absolute Maximum Ratings*.

Fast Charge

The MAX712/MAX713 enter the fast-charge state under one of the following conditions:

- 1) Upon application of power (batteries already installed), with battery current detection (i.e., GND voltage is less than BATT- voltage), and TEMP higher than TLO and less than THI and cell voltage higher than the UVLO voltage.
- 2) Upon insertion of a battery, with TEMP higher than TLO and lower than THI and cell voltage higher than the UVLO voltage.

RSENSE sets the fast-charge current into the battery. In fast charge, the voltage difference between the BATT- and GND pins is regulated to 250mV. DRV current increases its sink current if this voltage difference falls below 250mV, and decreases its sink current if the voltage difference exceeds 250mV.

$$\text{fast-charge current (IFAST)} = 0.25\text{V} / R_{\text{SENSE}}$$

Trickle Charge

Selecting a fast-charge current (IFAST) of C/2, C, 2C, or 4C ensures a C/16 trickle-charge current. Other fast-charge rates can be used, but the trickle-charge current will not be exactly C/16.

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

**Table 5. Trickle-Charge Current
Determination from PGM3**

| PGM3 | FAST-CHARGE RATE | TRICKLE-CHARGE CURRENT (I_{TRICKLE}) |
|-------|---------------------|--|
| V+ | 4C | $I_{\text{FAST}}/64$ |
| OPEN | 2C | $I_{\text{FAST}}/32$ |
| REF | C | $I_{\text{FAST}}/16$ |
| BATT- | C/2 | $I_{\text{FAST}}/8$ |

The MAX712/MAX713 internally set the trickle-charge current by increasing the current amplifier gain (Figure 6), which adjusts the voltage across R_{SENSE} (see Trickle-Charge V_{SENSE} in the *Electrical Characteristics* table).

Nonstandard Trickle-Charge Current Example

Configuration:

Typical Operating Circuit
2 x Panasonic P-50AA 500mAh AA NiCd batteries
C/3 fast-charge rate
264-minute timeout
Negative voltage-slope cutoff enabled
Minimum DC IN voltage of 6V

Settings:

Use MAX713
PGM0 = V+, PGM1 = open, PGM2 = BATT-,
PGM3 = BATT-, $R_{\text{SENSE}} = 1.5\Omega$ (fast-charge current,
 $I_{\text{FAST}} = 167\text{mA}$), $R1 = (6V - 5V) / 5\text{mA} = 200\Omega$

Since PGM3 = BATT-, the voltage on R_{SENSE} is regulated to 31.3mV during trickle charge, and the current is 20.7mA. Thus the trickle current is actually C/25, not C/16.

Further Reduction of Trickle-Charge Current for NiMH Batteries

The trickle-charge current can be reduced to less than C/16 using the circuit in Figure 7. In trickle charge, some of the current will be shunted around the battery, since Q2 is turned on. Select the value of R7 as follows:

$$R7 = (V_{\text{BATT}} + 0.4V) / (I_{\text{TRICKLE}} - I_{\text{BATT}})$$

where V_{BATT} = battery voltage when charged
 I_{TRICKLE} = MAX712/MAX713 trickle-charge current setting

I_{BATT} = desired battery trickle-charge current

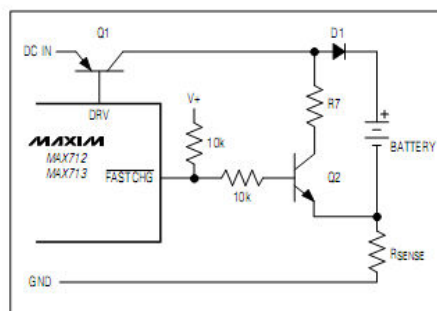


Figure 7. Reduction of Trickle Current for NiMH Batteries (Linear Mode)

Regulation Loop

The regulation loop controls the output voltage between the BATT+ and BATT- terminals and the current through the battery via the voltage between BATT- and GND. The sink current from DRV is reduced when the output voltage exceeds the number of cells times V_{LIMIT} , or when the battery current exceeds the programmed charging current.

For a linear-mode circuit, this loop provides the following functions:

- 1) When the charger is powered, the battery can be removed without interrupting power to the load.
- 2) If the load is connected as shown in the *Typical Operating Circuit*, the battery current is regulated regardless of the load current (provided the input power source can supply both).

Voltage Loop

The voltage loop sets the maximum output voltage between BATT+ and BATT-. If V_{LIMIT} is set to less than 2.5V, then:

Maximum BATT+ voltage (referred to BATT-) = $V_{\text{LIMIT}} \times$ (number of cells as determined by PGM0, PGM1)

V_{LIMIT} should be set between 1.9V and 2.5V. If V_{LIMIT} is set below the maximum cell voltage, proper termination of the fast-charge cycle might not occur. Cell voltage can approach 1.9V/cell, under fast charge, in some battery packs. Tie V_{LIMIT} to V_{REF} for normal operation.

With the battery removed, the MAX712/MAX713 do not provide constant current; they regulate BATT+ to the maximum voltage as determined above.

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

The voltage loop is stabilized by the output filter capacitor. A large filter capacitor is required **only** if the load is going to be supplied by the MAX712/MAX713 in the absence of a battery. In this case, set C_{OUT} as:

$$C_{OUT} \text{ (in farads)} = (50 \times I_{LOAD}) / (V_{OUT} \times BW_{VRL})$$

where BW_{VRL} = loop bandwidth in Hz
(10,000 recommended)

$$C_{OUT} > 10\mu F$$

I_{LOAD} = external load current in amps

V_{OUT} = programmed output voltage
($V_{LIMIT} \times \text{number of cells}$)

Current Loop

Figure 6 shows the current-regulation loop for a linear-mode circuit. To ensure loop stability, make sure that the bandwidth of the current regulation loop (BW_{CRL}) is lower than the pole frequency of transistor Q1 (f_B). Set BW_{CRL} by selecting C2.

$$BW_{CRL} \text{ in Hz} = gm / C2, C2 \text{ in farads, } gm = 0.0018 \text{ Siemens}$$

The pole frequency of the PNP pass transistor, Q1, can be determined by assuming a single-pole current gain response. Both f_T and B_0 should be specified on the data sheet for the particular transistor used for Q1.

$$f_B \text{ in Hz} = f_T / B_0, f_T \text{ in Hz, } B_0 = \text{DC current gain}$$

Condition for Stability of Current-Regulation Loop:

$$BW_{CRL} < f_B$$

The MAX712/MAX713 dissipate power due to the current-voltage product at DRV. Do not allow the power dissipation to exceed the specifications shown in the *Absolute Maximum Ratings*. DRV power dissipation can be reduced by using the cascode connection shown in Figure 5 or by using a switch-mode circuit.

$$\text{Power dissipation due to DRV sink current} = (\text{current into DRV}) \times (\text{voltage on DRV})$$

Voltage-Slope Cutoff

The MAX712/MAX713's internal analog-to-digital converter has 2.5mV of resolution. It determines if the battery voltage is rising, falling, or unchanging by comparing the battery's voltage at two different times. After power-up, a time interval of t_A ranging from 21sec to 168sec passes (see Table 3 and Figure 8), then a battery voltage measurement is taken. It takes 5ms to perform a measurement. After the first measurement is complete, another t_A interval passes, and then a second measurement is taken. The two measurements are compared, and a decision whether to terminate charge is made. If charge is not terminated, another full two-measurement cycle is repeated until charge is

terminated. Note that each cycle has two t_A intervals and two voltage measurements.

The MAX712 terminates fast charge when a comparison shows that the battery voltage is unchanging. The MAX713 terminates when a conversion shows the battery voltage has fallen by at least 2.5mV per cell. This is the only difference between the MAX712 and MAX713.

Temperature Charge Cutoff

Figure 9a shows how the MAX712/MAX713 detect over- and under-temperature battery conditions using negative temperature coefficient thermistors. Use the same model thermistor for T1 and T2 so that both have the same nominal resistance. The voltage at TEMP is 1V (referred to BATT-) when the battery is at ambient temperature.

The threshold chosen for THI sets the point at which fast charging terminates. As soon as the voltage-on-TEMP rises above THI , fast charge ends, and does not restart after TEMP falls below THI .

The threshold chosen for TLO determines the temperature below which fast charging will be inhibited. If $TLO > TEMP$ when the MAX712/MAX713 start up, fast charge will not start until TLO goes below $TEMP$.

The cold temperature charge inhibition can be disabled by removing R5, T3, and the 0.022μF capacitor; and by tying TLO to BATT-.

To disable the entire temperature comparator charge-cutoff mechanism, remove T1, T2, T3, R3, R4, and R5, and their associated capacitors, and connect THI to V+ and TLO to BATT-. Also, place a 68kΩ resistor from REF to TEMP, and a 22kΩ resistor from BATT- to TEMP.

Some battery packs come with a temperature-detecting thermistor connected to the battery pack's negative

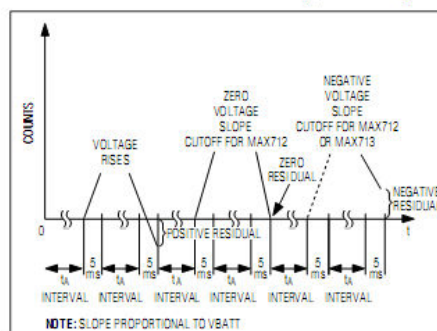


Figure 8. Voltage Slope Detection

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

MAX712/MAX713

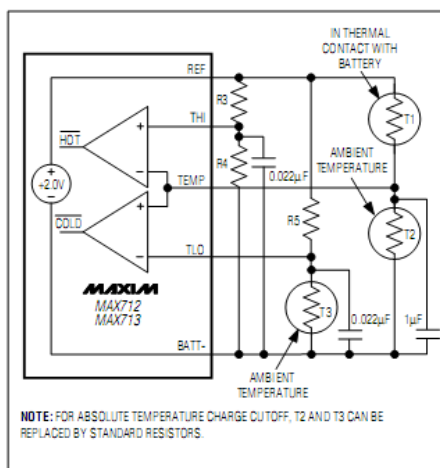


Figure 9a. Temperature Comparators

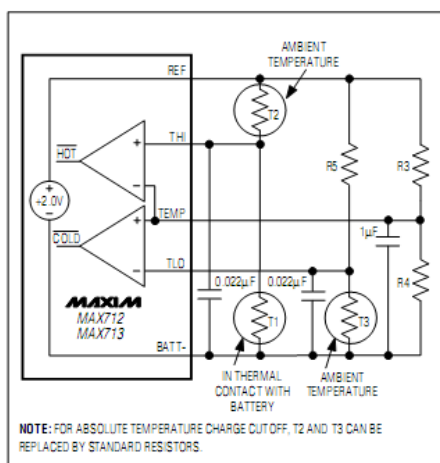


Figure 9b. Alternative Temperature Comparator Configuration

terminal. In this case, use the configuration shown in Figure 9b. Thermistors T2 and T3 can be replaced by standard resistors if absolute temperature charge cutoff is acceptable. All resistance values in Figures 9a and 9b should be chosen in the 10kΩ to 500kΩ range.

Applications Information

Switch-Mode Operation

For applications where the power dissipation in the pass transistor cannot be tolerated (i.e., where heat sinking is not feasible or is too costly), a switch-mode charger is recommended.

Switch-mode operation can be implemented simply by using the circuit of Figure 19. The circuit of Figure 19 uses the error amplifier at the CC pin as a comparator with the 33pF capacitor adding hysteresis. Figure 19 is shown configured to charge two cells at 1A. Lower charge currents and a different number of cells can be accommodated simply by changing R_{SENSE} and PGM0–PGM3 connections (Tables 2 and 3).

The input power-supply voltage range is 8V to 15V and must be at least 2V greater than the peak battery voltage, under fast charge. As shown in Figure 19, the source should be capable of greater than 1.3A of output current. The source requirements are critical because if violated, proper termination of the fast-charge cycle might not occur. For input voltages greater than 15V, see the MAX713SWEVKIT data sheet.

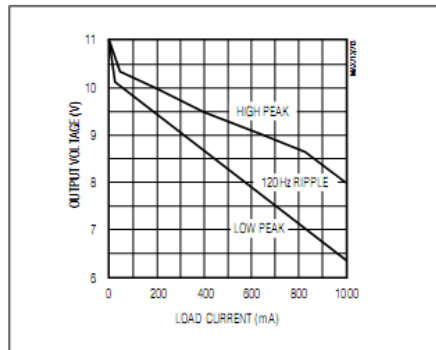


Figure 10. Sony Radio AC Adapter AC-190 Load Characteristic, 9VDC 800mA

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

MAX712/MAX713

The voltage-slope, fast-charge termination circuitry might become disabled if attempting to charge a different number of cells than the number programmed.

The switching frequency (nominally 30kHz) can be decreased by increasing the value of the capacitor connected between CC and BATT-. Make sure that the two capacitors connected to the CC node are placed as close as possible to the CC pin on the MAX712/MAX713 and that their leads are of minimum length. The CC node is a high-impedance point, so do not route logic lines near the CC pin. The circuit of Figure 19 cannot service a load while charging.

Order the MAX713SWEVKIT-SO for quick evaluation of the MAX712/MAX713 in switch-mode operation. For more information on switch-mode operation and ordering information for external components, order the MAX713EVKIT data sheet.

Battery-Charging Examples

Figures 13 and 14 show the results of charging 3 AA, 1000mAh, NiMH batteries from Gold Peak (part no. GP1000AAH, GP Batteries (619) 438-2202) at a 1A rate using the MAX712 and MAX713, respectively. The *Typical Operating Circuit* is used with Figure 9a's thermistor configuration.

DC IN = Sony AC-190 +9VDC at 800mA AC-DC adapter
PGM0 = V+, PGM1 = REF, PGM2 = REF, PGM3 = REF
R1 = 200Ω, R2 = 150Ω, R_{SENSE} = 0.25Ω
C1 = 1μF, C2 = 0.01μF, C3 = 10μF, V_{LIMIT} = REF
R3 = 10kΩ, R4 = 15kΩ
T1, T2 = part #14A1002 (Alpha Sensors: 858-549-4660) R5 omitted, T3 omitted, TLO = BATT-

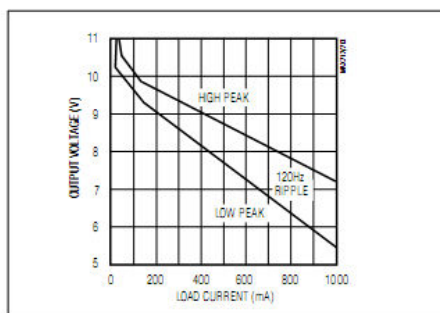


Figure 11. Sony CD Player AC Adapter AC-96N Load Characteristic, 9VDC 600mA

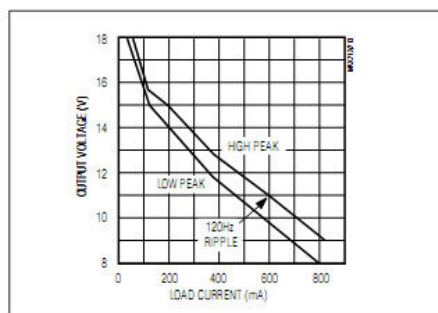


Figure 12. Panasonic Modem AC Adapter KX-A11 Load Characteristic, 12VDC 500mA

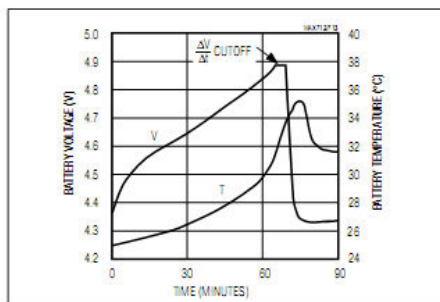


Figure 13. 3 NiMH Cells Charged with MAX712

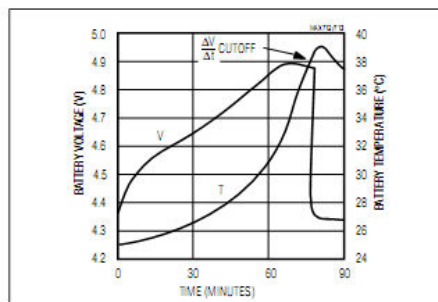


Figure 14. NiMH Cells Charged with MAX713

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

Linear-Mode, High Series Cell Count

The absolute maximum voltage rating for the BATT+ pin is higher when the MAX712/MAX713 are powered on. If more than 11 cells are used in the battery, the BATT+ input voltage must be limited by external circuitry when DC IN is not applied (Figure 15).

Efficiency During Discharge

The current-sense resistor, R_{SENSE} , causes a small efficiency loss during battery use. The efficiency loss is

significant only if R_{SENSE} is much greater than the battery stack's internal resistance. The circuit in Figure 16 can be used to shunt the sense resistor whenever power is removed from the charger.

Status Outputs

Figure 17 shows a circuit that can be used to indicate charger status with logic levels. Figure 18 shows a circuit that can be used to drive LEDs for power and charger status.

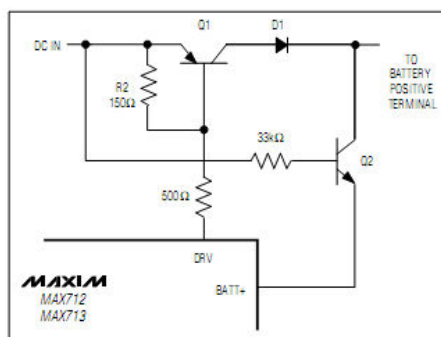


Figure 15. Cascoding to Accommodate High Cell Counts for Linear-Mode Circuits

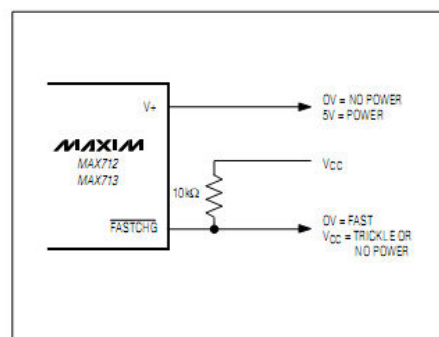


Figure 17. Logic-Level Status Outputs

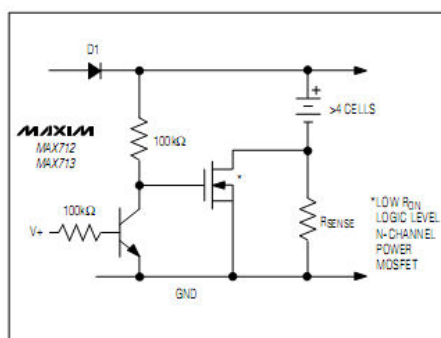


Figure 16. Shunting R_{SENSE} for Efficiency Improvement

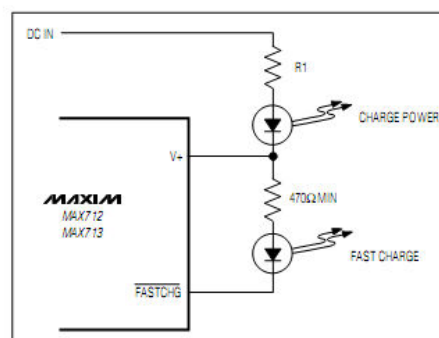


Figure 18. LED Connection for Status Outputs

NiCd/NiMH Battery Fast-Charge Controllers

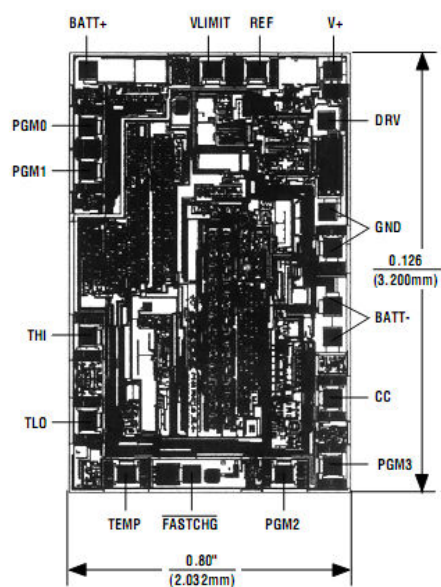
Ordering Information (continued)

| PART | TEMP RANGE | PIN-PACKAGE |
|-----------|-----------------|----------------|
| MAX713CPE | 0°C to +70°C | 16 Plastic DIP |
| MAX713CSE | 0°C to +70°C | 16 Narrow SO |
| MAX713C/D | 0°C to +70°C | Dice* |
| MAX713EPE | -40°C to +85°C | 16 Plastic DIP |
| MAX713ESE | -40°C to +85°C | 16 Narrow SO |
| MAX713MJE | -55°C to +125°C | 16 CERDIP** |

*Contact factory for dice specifications.

**Contact factory for availability and processing to MIL-STD-883.

Chip Topography



MAX712/MAX713

TRANSISTOR COUNT: 2193
SUBSTRATE CONNECTED TO V+

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

17 Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600

© 2002 Maxim Integrated Products

Printed USA

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

Liite 3: Kotelon piirustus

